Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON
ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON
ERNST LAMLA

BEIRAT:
J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KÜHN
M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

38. JAHRGANG **HEFT 8** (ZWEITES APRILHEFT) **1951**

INHALT:

AUFSÄTZE. Seite

Beziehungen zwischen Witterungsablauf, physikalisch-chemischen Reaktionen, biologischem Geschehen und Sonnenaktivität. Unter besonderer Berücksichtigung eigener mikrobiologischer Versuchsergebnisse. Von H. BORTELS 165

BERICHTE.

Der Szintillationszähler. Von W. HANLE 176

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Der Einfluß von BRILLOUIN-Zonen auf physikalisch-chemische Eigenschaften von Legierungen. Von H. WITTE, H. KLEE und K. H. LIESER 185

Eine Synthese des Matridins. Von CLEMENS SCHÖPF, HELLMUT ARM, GERHART BENZ und HEINRICH KRIMM 186

Elementarvorgänge der BOUDOUARD-Reaktion und der Kohleverbrennung bei hohen Temperaturen. Von HANS BEHRENS 187

Chemiionisation in Flammen. Von HANS BEHRENS 187

Gefärbte Einschlußverbindungen. Von FRIEDRICH CRAMER . 188

Trennung von Abkömmlingen der Adenosintriphosphorsäure (ATP) durch Verteilungschromatographie in Filterpapier. Von FRITZ TURBA und MARGIT TURBA 188

Trennung von Abkömmlingen der Adenosintriphosphorsäure (ATP) durch Ionophorese in Filterpapier. Von FRITZ TURBA und HANS-JOACHIM ENENKEL 189

Inaktivierung von Patulin und Parasorbinsäure. Von KARL HEINZ WALLHÄUSSER 190

Zur Polarisationsoptik der Fazettenaugen von Insekten. Von G. MENZER und K. STOCKHAMMER 190

Zur Entwicklungsgeschichte zentrischer Meeresdiatomeen. Von HANS ADOLF v. STOSCH 191

Über das Leukosin, den Reservestoff der Chrysophyten. Von HANS ADOLF v. STOSCH 192

Zur „Pentolyse"-Reaktion im Serum Krebskranker nach MENKÈS. Von HERMANN DRUCKREY und KLAUS KAISER . . 193

BESPRECHUNGEN.

HENRIK LUNDEGÅRDH, Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. (Ref.: F. SCHEFFER) 194

W. PETRASCHECK und W. E. PETRASCHECK, Lagerstättenlehre. (Ref.: E. BEDERKE) 194

H. LEITMEIER, Einführung in die Gesteinskunde. (Ref.: G. REIN) 195

HENRY M. LEICESTER, Chymia. (Ref.: P. WALDEN) 195

Oikos. Acta ecologica Scandinavica. (Ref.: F. FIRBAS) . . . 195

M. WALDMEIER, Tabellen zur heliographischen Ortsbestimmung. (Ref.: F. W. JÄGER) 195

LOUIS LUTZ, Traité de Cryptogamie. (Ref.: R. HARDER) . . 196

KALERVO RANKAMA und TH. G. SAHAMA, Geochemistry. (Ref.: CORRENS) 196

Einführung in die Atomphysik

Von Professor Dr. **Wolfgang Finkelnburg.** Zweite, umgearbeitete und erweiterte Auflage. Mit 230 Abbildungen. XII, 416 Seiten. 1951. DM 34.50; Ganzleinen DM 39.—

Inhaltsübersicht:

Einleitung. — Atome, Ionen, Elektronen, Atomkerne, Photonen. — Atomspektren und Atombau. — Die quantenmechanische Atomtheorie. — Die Physik der Atomkerne. — Physik der Moleküle. — Der flüssige und feste Zustand der Materie vom Standpunkt der Atomphysik. — Tabelle der für die Atomphysik wichtigsten Konstanten und Beziehungen. — Sachverzeichnis.

In der Flut der atomphysikalischen Literatur hat sich das Finkelnburgsche Buch sofort einen führenden Platz erobert; schon nach kurzer Zeit war es vergriffen. Trotz der geringen Zeitspanne, die seit dem Erscheinen der ersten Auflage verstrichen ist, unterscheidet sich die zweite Auflage nicht unerheblich von der ersten. Die Darstellung ist im ganzen noch klarer gefaßt und in zahlreichen Einzelheiten korrigiert und ergänzt worden. Vor allem galt es aber, die wichtigen und folgenreichen Erkenntnisse der atomphysikalischen Forschung — deren Tempo in den letzten beiden Jahren immer stürmischer geworden ist — bis zum Frühjahr 1950 auszuwerten und in den Text einzubauen. Abgesehen von vielfachen Zusätzen und Änderungen bedingte dies ein fast völliges Neuschreiben der Abschnitte V (Kernphysik) und VII (Festkörper — Atomphysik). Auch die den einzelnen Kapiteln folgenden Literaturhinweise wurden unter Heranziehung der ausländischen Buchliteratur erweitert.

Alles in allem wird dem Naturwissenschaftler und dem gebildeten Laien mit dieser Neuauflage ein Werk in die Hand gegeben, das in seltener Weise vorbildliche Lesbarkeit mit wissenschaftlicher Exaktheit vereint, und das den Stand der gesamten atomphysikalischen Forschung in der ersten Hälfte des Jahres 1950 getreu widerspiegelt.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 12.— DM, für das einzelne Heft 2.50 DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift bei direktem Bezug vom Verlag im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%.

Nachdruck: Der Verlag behält sich das ausschließliche Recht der Vervielfältigung und Verbreitung aller in dieser Zeitschrift zum Abdruck gelangenden Beiträge sowie ihrer Verwendung für fremdsprachige Ausgaben vor.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung.

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:

Lange, Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag

Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung des Autors". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

In Kürze erscheint:

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Herausgegeben von **S. Flügge** und **F. Trendelenburg.** Unter Mitwirkung von W. Bothe, F. Hund, P. Harteck. Vierundzwanzigster Band. Mit 232 Abbildungen. III, 452 Seiten. 1951. DM 48.60

Inhaltsübersicht: **Spezifische Leuchtvorgänge im Bereich der mittleren Ionosphäre.** Von C. Hoffmeister-Sonneberg. — **Elektroneninterferenzen und ihre Anwendung.** Von H. Raether-Hamburg. — **Die Erforschung der Struktur hochmolekularer und kolloider Stoffe mittels Kleinwinkelstreuung.** Von R. Hosemann-Treysa. — **Experimentelle Grundlagen der Spektroskopie des Zentimeter- und Millimeter-Gebietes.** Von B. Koch-Weil a. Rh. — **Die Mikrowellenspektren molekularer Gase und ihre Auswertung.** Von W. Maier-Freiburg i. Br. **Spektroskopie der γ-Strahlen mit Krystallgittern.** Von A. Faessler-Freiburg i. Br. — **Die genäherte Berechnung von Eigenwerten elastischer Schwingungen anisotroper Körper.** Von H. J. Mähly-Zürich. — Inhalt der Bände 11—24. Namen- und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 38 Heft 8 (Zweites Aprilheft) 1951

Beziehungen zwischen Witterungsablauf, physikalisch-chemischen Reaktionen, biologischem Geschehen und Sonnenaktivität.

Unter besonderer Berücksichtigung eigener mikrobiologischer Versuchsergebnisse.

Von H. BORTELS, Braunschweig.

Die bahnbrechenden Entdeckungen ROBERT KOCHs haben in den darauffolgenden Jahrzehnten den Blick der Wissenschaftler derart gefangen genommen, daß diese seinen großen Gegner PETTENKOFER und dessen Lehre fast unbeachtet ließen und glaubten, gewisse Probleme der Hygiene, insonderheit der Epidemiologie, mit dem „Kontagionismus", jener unkomplizierten Infektionstheorie KOCHscher Prägung, unter strikter Ablehnung PETTENKOFERscher Gedankengänge erklären zu können. PETTENKOFER hat nämlich nach Angaben seines Schülers GRUBER [*1*] für das Zustandekommen einer Epidemie drei Voraussetzungen als unbedingt notwendig erachtet: 1. Den „von außen eingeschleppten Krankheitsstoff (x), den er von Anfang an als einen parasitischen Keim betrachtete", 2. „die persönliche Empfänglichkeit des infizierten Individuums (y)" und 3. „gewisse örtliche und zeitliche Bedingungen, die er örtliche und zeitliche Disposition (z) nannte". Wie wichtig gerade dieser früher vernachlässigte Faktor z ist, geht aus neueren epidemiologischen Arbeiten hervor und wird uns durch die im folgenden zu beschreibenden Versuchsergebnisse besonders eindringlich vor Augen geführt.

Anfangs schienen die unbestreitbaren Erfolge der KOCHschen Schule dieser zwar recht zu geben. Aber schließlich sah sie sich doch außerstande, gewisse Erscheinungen auf hygienischem Gebiet wie das plötzliche Aufflammen und Erlöschen von Epidemien mit der allzu eng gefaßten Lehre restlos zu erklären. Da brach sich um 1930 die Erkenntnis von der Bedeutung eines noch nicht näher zu beschreibenden Wetterfaktors für Gesundheit und Krankheit des Menschen in der Wissenschaft Bahn. Zahlreiche Untersuchungen auf diesem Gebiet fanden ihren zusammenfassenden Niederschlag in den Werken von DE RUDDER [*2*] (Deutschland) und PETERSEN [*3*] (USA.). Die Ergebnisse jener Arbeiten bedeuten zweifellos einen klaren Fortschritt; brachten sie doch völlig neue Gesichtspunkte in die Diskussion um das Krankheitsgeschehen und seine mit den alten Anschauungen nicht lösbaren Rätsel um das schlagartig gehäufte Auftreten gewisser Krankheiten und Todesfälle in weiten Gebieten!

Aber die medizinische Wissenschaft, die gemeinsam mit der Meteorologie dieses neue naturwissenschaftliche Grenzgebiet der Meteorobiologie anfangs allein bearbeitete, richtete naturgemäß ihr ganzes Augenmerk auf den Menschen. In seinem Nervensystem, das gewiß ein guter Detektor für Wetteränderungen ist [*4*], erblickte und erblickt sie zum Teil noch heute das Organ, das allein jene merkwürdigen, nicht genau definierbaren Wettereinflüsse zu registrieren vermag. Daß auch Bakterien und andere Mikroorganismen, die doch unter sog. konstanten Laboratoriumsbedingungen, fern von Regen, Wind und Sonne züchtbar sind, von dem unbekannten Agens beeinflußt werden könnten, hielt man offenbar nicht für möglich. Beispielsweise ließen ARNOLDI [*5*] und PETERSEN [*3*] den Mikroorganismen noch 1936 und 1937 bei der Krankheitsauslösung durch den unbekannten Wetterfaktor eine lediglich sekundäre Rolle zukommen, indem diese erst durch den veränderten Stoffwechsel des Wirtes pathogen bzw. apathogen werden oder durch die primär geweiteten oder verengten Gefäße desselben schneller bzw. langsamer vordringen sollten. Andererseits wurden aber seit etwa 1930 auch schon einzelne Stimmen laut, die eine unmittelbare Beeinflussung der Mikrobenvirulenz durch das Wetteragens für möglich hielten. Das glaubte z. B. HAGENTORN [*6*] annehmen zu müssen wegen des zeitweilig plötzlichen Aufflackerns endemischer Infektionskrankheiten in Räumen, in denen sich die Erreger festgesetzt hatten. Ohne Bezug auf das Wetter wurden etwa zur gleichen Zeit (um 1930) von CLAUBERG [*7*], LOTZE [*8*] u. a. „spontane" Umwandlungen apathogener in pathogene Bakterien und umgekehrt beobachtet, Umwandlungen, die in das Gebiet der sog. Bakteriendissoziation gehören, häufig mit Änderung des Kolonietyps R oder S verbunden sind, und die später z. B. von BRAUN [*9*] und LURIA [*10*] als „Spontanmutationen" im Zusammenwirken mit Selektion infolge Nährbodenbesonderheiten gedeutet wurden. Darüber hinaus haben schon FISCHER und GÄUMANN [*11*] bei niederen Pilzen auch wirkliche Beziehungen zum Wetterverlauf feststellen können, und MARTINI [*12*] sprach 1936 in seinem Buch über „Wege der Seuchen" unter Hinweis auf PETTENKOFER von einer unmittelbaren Wirkung der Witterung auf den Krankheitserreger (Malaria) im Menschen.

In eigenen mikrobiologischen Untersuchungen, die gleichfalls um 1930 begannen, konnten solche vermeintlichen Wetterwirkungen unbestreitbar nachgewiesen werden [*13*], [*14*]. Dabei wurde als Bezugsgröße für das „Wetter" anfangs die aus dem Isobarenverlauf ablesbare Lage des Versuchsortes zu den darüber hinwegziehenden Zyklonen (Tiefdruckgebiete) und Antizyklonen (Hochdruckgebiete) gewählt[1]), seltener das Barogramm wegen der dann mitunter weniger guten Übereinstimmung und schließlich die interdiurne Luftdruckänderung. Daß hierfür die Wetterelemente Temperatur, Feuchtigkeit und Licht nicht in Frage kommen, ließ sich gerade in mikrobiologischen Versuchen sehr schnell und sicher beweisen. Lange Reihenversuche, deren Einzelergebnisse mit der jeweiligen Lage des Versuchsortes zu Hoch- und

[1]) In den entsprechenden Figuren liegt der Versuchsort jeweils bei H mitten im Hoch, bei T mitten im Tief und bei R im indifferenten Randgebiet zwischen Hoch und Tief. Doppelbuchstaben kennzeichnen sinngemäß die entsprechenden Zwischenlagen. Daraus ergibt sich die nicht ganz streng zutreffend „Wetterverlauf" genannte Kurve.

Tiefdruckgebieten verglichen wurden, ergaben dann zunächst als immer wiederkehrende Regel, daß bei einem Witterungsumschwung vom Tiefdruck- zum Hochdruckwetter *Azotobacter chroococcum* intensiver Luftstickstoff fixierte und sich infolgedessen auch stärker vermehrte, der Erreger des bakteriellen Pflanzenkrebses, *Pseudomonas tumefaciens*, mehr und

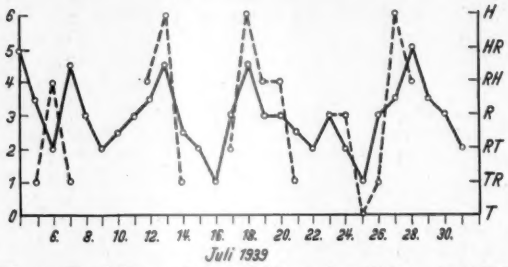


Fig. 1. Kopulation und Sporenbildung einer Hefe nach 24 Std Bebrütung bei 29° C (— — —) in Beziehung zum Wetterverlauf (———). *0* Unveränderte vegetative Einzelzellen; *1* Volutin (mit Methylenblau dunkel gefärbte Einschlüsse) in einigen Zellen; *2* dasselbe in vielen Zellen; *3* vereinzelt Kopulationsfortsätze; *4* vereinzelt Kopulationen; *5* zahlreiche Kopulationen und Sporenanlagen; *6* zahlreiche Kopulationen und reife Sporen. Versuchsort bei *H* mitten im Hoch, *HR* im inneren Randgebiet des Hochs, *RH* im äußeren Randgebiet des Hochs, *R* im indifferenten Randgebiet zwischen Hoch und Tief, *RT* im äußeren Randgebiet des Tiefs, *TR* im inneren Randgebiet des Tiefs, *T* mitten im Tief.

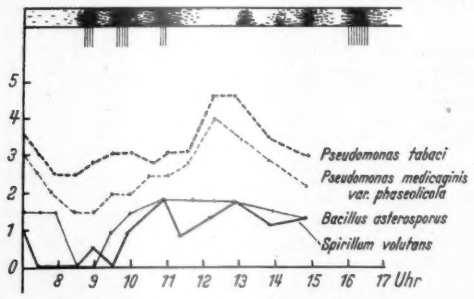


Fig. 2. Schwärmintensität verschiedener Bakterien in Beziehung zu Bewölkungsdichte und Niederschlägen am 23. 7. 41. Die Darstellung am oberen Bildrand veranschaulicht die Bewölkungsänderung von weiß-wolkenlos bis schwarz-bedeckt mit kürzer dauernden (weniger senkrechte Striche) bis länger dauernden (mehr senkrechte Striche) Niederschlägen. Die zum Teil schon um 15 Uhr starke Vitalitätsminderung der Bakterien entspricht den Niederschlägen um 16 bis 17 Uhr. *0* Völlige Ruhe, *1* sehr schwaches, *2* schwaches, *3* stärkeres, *4* starkes, *5* sehr starkes Schwärmen der Bakterien.

deutlicher die an Kopulationsstadien erinnernden Bakteriensterne bildete, Hefe mehr Volutin speicherte und ebenfalls zahlreicher kopulierte (Fig. 1), die Sporangien des für den Kartoffelbau so gefährlichen Pilzes *Phytophthora infestans* viel mehr der infektionstüchtigen Zoosporen ausschwärmen ließen, das Leuchtbakterium *Vibrio Dunbar* mehr Licht aussendete usw. als bei umgekehrtem Wetterverlauf. Solche Einzelversuche dauerten Stunden bis Tage, in welcher Zeit sich meteorologisch schon sehr viel ereignen konnte. Deshalb tauchte natürlich die Frage auf, ob sich nicht die Beziehung eines biologischen Ereignisses zu einem bestimmten meteorologischen eindeutiger festlegen ließe, wenn die Versuchszeit möglichst verkürzt würde. Dazu bot sich eine Gelegenheit bei Beobachtung der Schwärmintensität verschiedener Bakterien, die erforderlichenfalls alle 10 min ermittelt und mit dem Wettergeschehen verglichen werden konnte. Auf diese Weise ergab sich eine Beziehung der Schwärmintensität zur Bewölkungsdichte und zu Niederschlägen derart, daß die Bakterien in der Regel vor Bewölkungszunahme ruhiger bis völlig bewegungslos wurden und vor Bewölkungsauflockerung und Aufklaren mehr oder weniger lebhaft schwärmten (Fig. 2).

Um noch einfachere Objekte und damit einen noch klareren Überblick über die Wirkungsweise des Unbekannten zu gewinnen, wurden zu den Versuchen auch physikalisch-chemische Reaktionen an unbelebter Materie herangezogen, wie sie sich bei mikrobiologischen Arbeiten von selbst aufdrängten. So ist z. B. die Synärese[1]) des Agargels in ihrem Ausmaß gleichfalls „wetterabhängig" [*15*]. Dabei handelt es sich um jenen Kolloid-Alterungsprozeß, in dessen Verlauf das als Festigungsmittel für mikrobiologische Nährböden meistens 2%ig verwendete, hier aber 1%ige wäßrige Agargel die irrtümlich als Kondenswasser bezeichnete wäßrige Flüssigkeit abscheidet. Die Menge derselben ist trotz konstanter Temperatur bei einer Wetterentwicklung vom Tief zum Hoch (antizyklonal) besonders klein und bei der umgekehrten Entwicklung hin zum Tief (zyklonal) besonders groß. Gleichzeitig und unabhängig von mir hat Frau E. Findeisen [*16*] mit anderer Methodik grundsätzlich dieselbe „Wetterabhängigkeit" für Arsentrisulfidsol nachweisen können, und ich selbst fand später, daß sich auch koaguliertes Serum genau so verhält, so daß die geschilderte Koppelung der Instabilität an den Wetterverlauf ganz allgemein zumindest für alle hydrophilen Kolloide, auch diejenigen der lebenden Zelle, typisch sein dürfte. Aus den vorläufigen Ergebnissen zur Zeit noch laufender Versuche ist außerdem zu schließen, daß in ähnlicher Weise wie die Kolloidsynärese auch die Kristallisation übersättigter Lösungen und unterkühlter Flüssigkeiten (z. B. Wasser) zum Witterungsablauf in Beziehung steht. Alles das ermöglicht schon eine gewisse Deutung des Nachlassens der Vitalität bei zyklonaler Wetterentwicklung und schließlich auch des Alterns der Zellen, Gewebe und Organismen.

Vor allem aber war damit erst einmal klargestellt, daß es sich bei den merkwürdigen „Wetterwirkungen" keineswegs um eine nur dem Menschen und allenfalls noch einigen anderen mit Nerven ausgestatteten Makroorganismen eigentümliche Reaktionsfähigkeit handeln konnte, sondern um ganz elementare Vorgänge, die sich auch an Mikroorganismen, wahrscheinlich an jeder lebenden Zelle, ja sogar an unbelebter Materie abspielen. Mehr allerdings ließ sich über die eigentliche Ursache noch immer nicht aussagen. Um hier weiterzukommen, wurde die bereits einmal erwähnte Bildung der Bakteriensterne von *Pseudomonas tumefaciens* in zugeschmolzenen gläsernen Kulturgefäßen verfolgt, in denen die Bakterien in Bouillon vorgezüchtet und dann nach 24 Std von dort in eine andere, im selben Gefäß untergebrachte, für die „Sternbildung" besonders geeignete Nährlösung

[1]) „Synärese" = „Zusammenballung" der Kolloidteilchen zu größeren Komplexen unter Entquellung und Verminderung der Gesamtteilchenoberfläche und ihrer katalytischen Wirkung.

übertragen werden konnten, ohne daß dabei der gemeinsame Kulturraum hätte geöffnet werden müssen [*15*]. Unter diesen Bedingungen einer 2mal 24stündigen Entwicklung im von der Außenluft hermetisch abgeschlossenen Raum verlief die „Sternbildung" genau so „wetterabhängig" wie in offenen, aber sonst gleichen Kontrollgefäßen (Fig. 3). Daraus ist zu schließen, daß auch atmosphärische Druckschwankungen sowie Änderungen der chemischen Zusammensetzung und des Ionengehalts der Außenluft nicht das eigentlich wirksame Prinzip sein können.

So blieb denn schließlich als mögliche und zugleich wichtigste Ursache nur noch Strahlung ernstlich in Erwägung zu ziehen. Das nun schon stark eingeengte, aber doch noch immer recht umfangreiche Problem der Kausalität hätte wohl am ehesten durch Versuche unter Tage durch Ausschaltung nahezu aller Strahlen weiter begrenzt werden können. Leider aber kamen die 1942 in einem Salzbergwerk geplanten Versuche aus äußeren Gründen nicht mehr zur Durchführung. Immerhin konnte wenigstens im damaligen Institut von Professor KOLHÖRSTER (Berlin-Dahlem) ein überschwerer Panzer von 25 cm Blei + 45 cm Eisen aufgebaut und mit einigen Versuchsobjekten während mehrerer Monate beschickt werden [*15*]. Die Ergebnisse schienen zunächst etwas verwirrend und schwer verständlich zu sein, ließen sich dann aber insoweit deuten, als der mit dem Wetterverlauf gekoppelte Einfluß auch unter so dichten Metallmassen bestehen bleibt, obwohl abgeändert, manchmal sogar umgekehrt im Vergleich mit den fast ungeschützten Kontrollen im gewöhnlichen kupfernen Thermostaten. In der Regel wurden die Maxima der bereits erwähnten Bakterien-Sternbildung und der *Azotobacter*-Stickstoffbindung ungepanzert bei steigendem, gepanzert bei fallendem Druck erreicht. Dagegen wurden die längsten Zellen eines Spirillums und die stärkste Synärese des Agargels meistens im Panzer bei steigendem und außerhalb desselben bei fallendem Druck festgestellt. Während der ganzen Versuchszeit bildeten sich im Durchschnitt mehr und größere Bakteriensterne in den nur schwach abgeschirmten Kontrollen, aber längere Zellen und mehr Synäresewasser im Panzer.

Darin liegt bereits eine gewisse Stütze für die Strahlungshypothese, die noch mehr an Wahrscheinlichkeit gewinnen sollte, als die Panzerung soweit abgebaut wurde, daß möglichst wenig Sekundärwirkungen[1]) in Erscheinung treten konnten. Wurde nämlich die Synärese des Agargels unter einer so leichten Panzerung, wie sie der gewöhnliche kupferne Brutschrank im 1. Stock eines dreistöckigen massiven Gebäudes darstellt, verglichen mit der Synärese in einem dünnwandigen Sperrholzthermostaten unmittelbar unter den Dachziegeln desselben Hauses, dann zeigte sich ganz klar, daß das fragliche Agens hier viel stärker zur Wirkung kam und daß es schon durch verhältnismäßig dünne Metallschichten (0,1 mm Eisen) teilweise abgeschirmt wurde (Fig. 4). Da also die Versuchsergebnisse in dem nur schwach strahlenfilternden Holzbrutschrank jenen im überschweren Panzer ungefähr entsprachen, wo ja die Synärese auch sehr verstärkt war, wird angenommen, daß in diesem Panzer sekundär entstandene weiche Strahlenschauer gewirkt haben. Als Ursache für die starke Synärese im dünnwandigen Holzbrutschrank wird dagegen eine relativ weiche *atmosphärische* Schauerstrahlung vermutet. Sie tritt vor Depressionen verstärkt auf (Fig. 5), weshalb sie vorläufig „Tiefdruck-" oder „T-Strahlung" genannt sei im Gegensatz zur offensichtlich härteren,

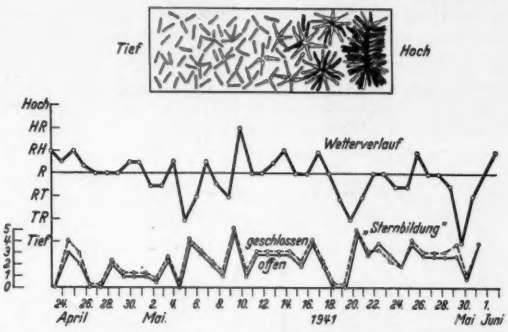


Fig. 3. „Sternbildung" von *Pseudomonas tumefaciens* in offenen sowie hermetisch geschlossenen Kulturgefäßen innerhalb 24 Std bei 29° C in Beziehung zum Wetterverlauf. *0* keine, *1* vereinzelt kleine, *2* viel kleine, *3* viel kleine, vereinzelt große, *4* viel große, *5* viel sehr große „Sterne".

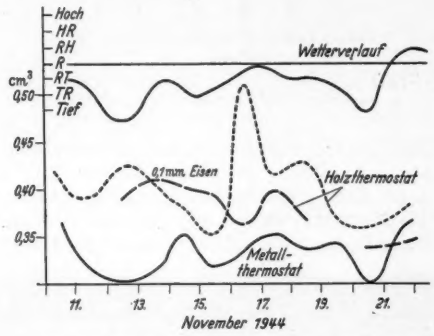


Fig. 4. Agar-Synärese bei verschieden starker Abschirmung in Beziehung zum Wetterverlauf. Von 5 cm³ 1 %ig, in Reagenzröhrchen schräg erstarrten Wasseragars während 24 Std bei 29° C abgeschiedene Flüssigkeitsmengen in cm³.

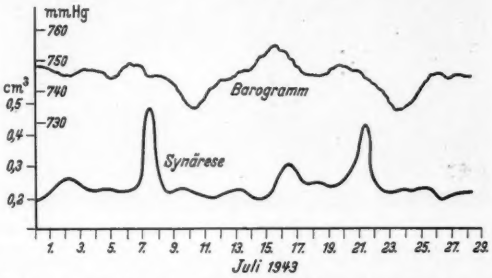


Fig. 5. Agar-Synärese im Freien in Beziehung zum Barogramm. Von 5 cm³ 1 %ig, in Reagenzröhrchen schräg erstarrten Wasseragars während 24 Std abgeschiedene Flüssigkeitsmengen in cm³.

vor Hochdruckgebieten vorherrschenden „H-Strahlung", welche ihrerseits hinter geeigneter Panzerung anscheinend „T-Strahlen" erzeugt und damit auch, wie sich an den schwerst gepanzerten Objekten gezeigt hat, entsprechende Wirkungen hervorzurufen vermag. Beide, „T"- und „H-Strahlen", sowie zwischen ihnen bestehende Übergänge seien als „Wetterstrahlung" zusammengefaßt.

[1]) Solche sind aus den Untersuchungen von EUGSTER und Mitarbeitern [*17*] über biologische Wirkungen der Höhenstrahlenschauer hinter 18 mm Blei bekannt.

Sie ist, wie aus der Phasenverschiebung im Kurvenverlauf der Fig. 4 und aus manchen anderen Versuchsergebnissen wie beispielsweise aus entsprechenden Kurven für die infolge „T-Strahlung" nicht zur Ausbildung kommenden charakteristischen Polkörnchen

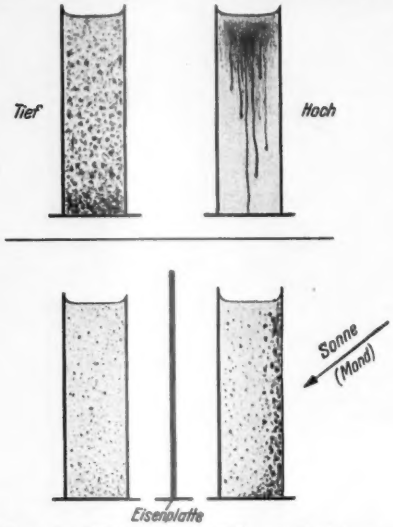


Fig. 6. Typen der Kalziumphosphat-Fällung in Beziehung zu Wetter und Strahlung. Näheres im Text.

der Diphtheriebakterien entnommen werden kann, zu Beginn des Druckfalls als extreme „T-Strahlung" sehr weich, um dann mit dem Vorrücken der Zyklone allmählich härter zu werden und schließlich auf deren Rückseite in die harte „H-Strahlung" überzugehen.

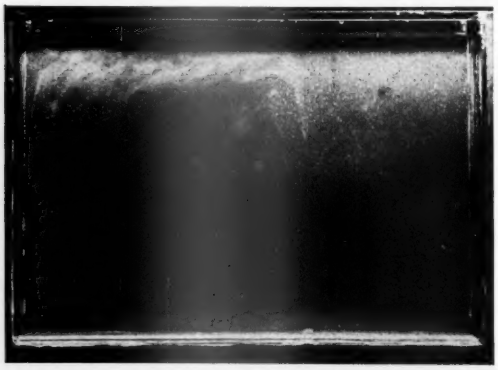


Fig. 7. Kalziumphosphat-Fällung in *einer* Küvette am 10. 5. 49, 12 Uhr auf der Rückseite eines Höhentiefs. Links: Umhüllt mit 0,07 mm Aluminium; Fallstreifen durch Strömung aufgebogen. Rechts: Offen, grobe Flocken an der Südwand.

Es erhob sich nun natürlich die Frage, woher die „Wetterstrahlung" kommt. Darüber kann eine einfache physikalisch-chemische Reaktion Auskunft geben, auf deren „Wetterempfindlichkeit" ich ebenso wie auf diejenige der Agarsynärese beim mikrobiologischen Arbeiten in Reihenversuchen mit täglicher Wiederholung aufmerksam wurde [*18*]. Mischt man nämlich eine Lösung von 0,2% Kalziumnitrat + 0,08% Kaliumchlorid in gewöhnlichem destilliertem Wasser zu gleichen Teilen mit einer Lösung von 0,05% Dikaliumphosphat in zuvor ausgekochtem destilliertem Wasser unter Vermeidung irgendwie bedingter anhaltender Bewegung innerhalb dieser Mischung (etwa durch Temperaturdifferenz oder Zugluft), so entsteht anfangs nur eine sehr schwache Trübung. Voraussetzung hierfür ist ein durch den Kohlensäuregehalt bestimmter p_H-Wert von etwa 6,5. Schließlich fällt das entstehende Kalziumphosphat, der Temperatur und dem gerade herrschenden Witterungsverlauf entsprechend, nach kürzerer oder längerer Zeit vollständig aus, und zwar merkwürdigerweise bei zyklonaler Wetterentwicklung voluminös flockig und dann meistens sehr schnell, bei antizyklonaler Entwicklung dagegen langsamer und mehr oder weniger feinkörnig in typischen Fallstreifen (Fig. 6). In diesem letzteren Falle entsteht meistens dicht unter der Flüssigkeitsoberfläche, seltener in tieferen Schichten, dem bloßen Auge nicht sichtbar, etwas spezifisch Schwereres, das absinkt und in dessen Absinkbahn dann erst Kalziumphosphat langsam ausfällt. Das Absinken läßt sich experimentell durch in der Bahn schräg angebrachte Glasplättchen nachweisen, die umflossen werden.

Daß es sich bei dem mit wechselndem Wetter ebenfalls veränderlichen Agens um Strahlung handelt, und zwar um eine vornehmlich von der Sonne kommende Strahlung, läßt sich an der soeben geschilderten Reaktion in überzeugender Weise zeigen. Zu gewissen Zeiten, nämlich fast immer bei Übergangswetterlagen zwischen Tief und Hoch, treten zuerst verhältnismäßig große Flocken an derjenigen Wand des die Flüssigkeit enthaltenden Glasgefäßes auf, die der Sonne zugekehrt ist, die aber zwecks Vermeidung einseitiger Erwärmung nicht vom Sonnenlicht unmittelbar getroffen werden darf. Auch der Mond kann einen ähnlichen, wenn auch sehr viel schwächeren Einfluß ausüben. Diese Flocken pflegen dagegen vor einer Depression bei dichter Wolkendecke oder großer Feuchtigkeit in höheren Luftschichten nicht oder nur selten gerichtet zu entstehen, sondern diffus. Dasselbe geschieht, wenn das Reaktionsgefäß gegen die Sonne oder den Mond durch eine hinreichend dicke Metallschicht abgeschirmt wird. Genau so kann natürlich bei entsprechend anderer Wetterentwicklung durch Zwischenschalten von Metall auch ein anderer Effekt erzielt werden. Das alles ist sogar in ein und derselben Flüssigkeitsmenge möglich. Wird z. B. eine Küvette mit der Reaktionsflüssigkeit gefüllt und zur Hälfte an den freien Seiten durch 0,07 mm Aluminiumfolie abgedeckt, dann kann hierin das Kalziumphosphat bei gewissen Übergangswetterlagen, bei denen die „Wetterstrahlung" wahrscheinlich aus einem Gemisch weicherer und härterer Anteile besteht, infolge Abschirmung der weicheren, flockend wirkenden „T-Strahlen" unter der Metallfolie in mehr oder weniger senkrechten Streifen ausfallen, daneben im selben Gefäß und in derselben aber offenen Flüssigkeit in nach der Sonne gerichteten Flocken (Fig. 7). Solche und andere, dem jeweiligen Wetter entsprechende Wirkungen von Metall verschiedener Art und Dicke traten immer nur dann auf, wenn das Reaktionsgefäß von oben, besser noch von oben und zugleich von den Seiten, niemals aber, wenn es nur von unten abgeschirmt wurde. In wenigen bisher entsprechend durchgeführten Versuchen schien die Streifenbildung in offenen Gefäßen durch Bestrahlung mit einer Quecksilberdampf-Quarzlampe gefördert zu werden, während durch

elektrische Funken erzeugte Ionen und mäßige Ozonmengen ebenso wie ein etwa 6000 Gß starkes Elektromagnetfeld die Fällung nicht beeinflußten. Fast immer ließ sich diese in kürzeren oder längeren Schüben einsetzende Reaktion unter den hier gegebenen Verhältnissen in einer Holzbaracke im freien Gelände am stärksten und zugleich am einfachsten durch die erwähnte Aluminiumfolie abändern, und zwar durchschnittlich in Richtung einer mehr streifigen Fällung. Dabei war es gleichgültig, ob die Umhüllung ringsherum vollkommen geschlossen und geerdet, oder ob sie unten offen und nicht geerdet war.

Die bei dieser Fällungsreaktion wirksamen, wenigstens zum Teil primär von der Sonne kommenden Strahlen müssen zu jenem Komplex „Wetterstrahlung" gerechnet werden, der auch auf biologisches Geschehen Einfluß nimmt. Denn obwohl einzelne Meßwerte zeigen, daß Kalziumphosphat bei seiner Fällung, häufig schon einige Stunden früher, selten sogar ganz anders auf eine bestimmte Wetterentwicklung reagiert als etwa eine Bakterienpopulation in ihrer Beweglichkeit, so besteht doch über längere Versuchszeiten hin im Tagesmittel zwischen beiden Vorgängen eine deutlich positive Korrelation. Zwischen diesen Experimentalkurven der Fig. 8 und den beiden dazu eingetragenen geophysikalischen Vorgängen, der interdiurnen Luftdruckänderung und der erdmagnetischen Aktivität, ist die Übereinstimmung in diesem Versuchsabschnitt allerdings weniger deutlich. Doch sollte man sich nicht zu sehr daran stoßen. Denn alle diese Werte und Kurven stehen ja nicht in unmittelbarer Beziehung zueinander, und so wenig wie die Schwärmintensität der Bakterien *nur* von der „Wetterstrahlung", und zwar von jeweils genau derselben Strahlung wie die Art der Kalziumphosphatfällung bestimmt wird, so wenig sind auch gewiß die Luftdruckänderung und die erdmagnetische Aktivität ausschließlich und von derselben Strahlung abhängig. Während der langjährigen Beschäftigung mit diesen Fragen ließen sich noch kaum jemals zwei mikrobiologische oder physikalisch-chemische Reaktionen auffinden, die immer auf bestimmte Wetteränderungen zu genau gleicher Zeit und in gleicher Weise angesprochen hätten. Und doch besteht in größeren Kollektiven ein Zusammenhang, der nicht hinweggeleugnet werden kann.

Im übrigen stimmt die Wettervariabilität mikrobiologischer und physikalisch-chemischer Vorgänge hier wie auch sonst oftmals mit den interdiurnen Luftdruckänderungen besser überein als mit den Absolutwerten des Luftdrucks. Das heißt, daß das wirksame Agens, wie DE RUDDER [*19*] schon betont hat, nicht im Statischen, sondern im Dynamischen des Wetters zu erkennen ist. Auch hinter dem Wettergeschehen scheint neben anderen Kräften jene treibende Kraft zu stehen, welche sowohl die biologischen und physikalisch-chemischen als auch die hier genannten geophysikalischen Reaktionen steuert. Witterungsablauf und biologische Reaktionen verhalten sich also nicht zueinander wie Ursache und Wirkung, sondern beide sind mehr oder weniger Parallelerscheinungen, Wirkungen der gemeinsamen Ursache Strahlung oder eines Strahlenkomplexes. Dabei eilen allerdings die biologischen und physikalisch-chemischen Reaktionen als die offenbar empfindlicheren den träger ablaufenden meteorologischen meistens etwas voraus, was zu der irrigen Bezeichnung „Wetterfühligkeit" den Anlaß gegeben haben dürfte. Im Einklang mit dieser Auffassung stehen die beiden folgenden, von ihr unabhängig auf anderen Wegen gewonnenen Erkenntnisse:

1. Biologische Vorgänge treten nach DÜLL (Krankheiten, Sterblichkeit und Reaktionszeit des Menschen) [*20*], [*21*], [*22*], TAKATA und MURASUGI (Flockungszahl des menschlichen Blutes) [*23*] sowie BACH und SCHLUCK [Gestationseklampsie[1])] [*24*] mit gewissen Vorgängen auf der Sonne gekoppelt auf und nach DÜLL sowie BACH und SCHLUCK gleichzeitig auch mit bestimmten meteorologischen Ereignissen. 2. Auch zwischen der variablen Sonnenaktivität und großräumigen Druckschwankungen in der irdischen Atmosphäre bestehen nach KOPPE [*25*], [*26*] und DÜLL [*27*] statistisch überzufällige Beziehungen, die zur Annahme einer Beeinflussung des Wetters durch veränderliche Sonnenstrahlung zwingen. Zwischen diesen

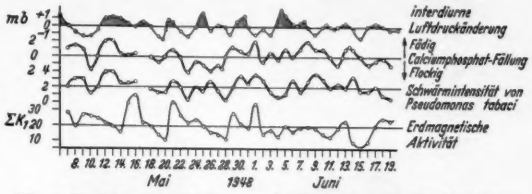


Fig. 8. Beziehungen zwischen geophysikalischen, physikochemischen und biologischen Vorgängen. Tagesmittel der Kalziumphosphat-Fällung. *0* Wolkige Andeutung von Fäden (Fallstreifen); flockig *1* gerichtete Flocken; flockig *2* diffuse Flocken; fädig *1* kurze Fäden; fädig *2* lange Fäden. Schwärmintensitäten: *0* völlige Ruhe; *1* sehr schwaches, *2* schwaches, *3* starkes, *4* sehr starkes Schwärmen. Erdmagnetische Aktivität: Tagessummen der erdmagnetischen Kennziffern (ΣK_1) 3stündiger Beobachtungen des Observatoriums Wingst.

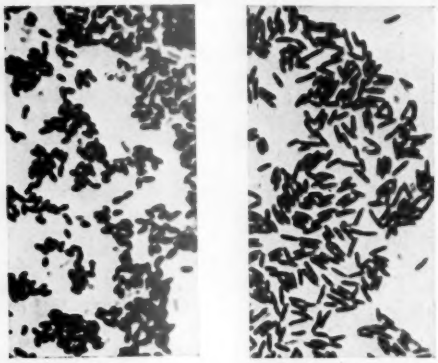
Erkenntnissen steht gewissermaßen als verbindendes Schlußglied der von mir experimentell erbrachte Nachweis, daß auch die Beziehungen zwischen Wetter und Bios, die meteorobiologischen Erscheinungen, letztlich auf variable Sonnenstrahlung, zum geringeren Teil vielleicht auch auf Weltraumstrahlung zurückzuführen sind. Daraus ergibt sich die schon verschiedentlich von KOPPE und mir ausgesprochene übergeordnete Stellung der variablen Strahlung, von mir vorläufig „Wetterstrahlung" genannt, die sowohl das biologische als auch das meteorologische Geschehen steuert[2]).

Beide gegensätzlichen Typen der „Wetterstrahlung", „T"- und „H-Strahlen", beeinflussen den Organismus sehr tiefgreifend. Bei den nun schon in sehr großer Zahl durchgeführten Versuchen hat sich immer wieder gezeigt, daß Kulturen verschiedener Mikroorganismen den einmal empfangenen Impuls einer „H-Strahlung" so lange bewahren, bis er von einem entsprechend starken Impuls umgekehrten Vorzeichens, in diesem Falle „T-Strahlung", neutralisiert oder ins Gegenteil verkehrt wird. Dies gilt unter Umständen für eine ganze Reihe von Folgekulturen und beruht darauf, daß unter dem Einfluß einer bestimmten „Wetterstrahlung" morphologische und physiologische Abwandlungen der Organismen entstehen, z. B. in Zellgröße (Fig. 9), Toxinbildung, Virulenz, Farbstoffbildung (Fig. 11) und dergleichen, die zum

[1]) Plötzlich auftretende Krämpfe bei Schwangeren.

[2]) Während der Drucklegung hat Verfasser von dem Buche WM. F. PETERSENS „Man—Weather—Sun" (Springfield-Illinois 1947) Kenntnis erhalten, in welchem dieser gleichfalls die übergeordnete Rolle der veränderlichen Sonnenstrahlung als gemeinsamer Energiequelle für Leben und Wetter nachweist und den Menschen gewissermaßen als „kosmischen Resonator" betrachtet.

Teil ganz erheblich von der Ausgangsform abweichen. Das sind dann die sog. spontanen Abwandlungen, Saltationen (bei Bakterien), Modifikationen oder



a b

Fig. 9 a u. b. *Pseudomonas tabaci* nach 24 Std bei 27° C, gefärbt. a Virulente Hochdruckform, verursacht durch „H-Strahlung". b Avirulente Tiefdruckform, verursacht durch „T-Strahlung". Beide Formen als zweite Folgekulturen etwa 4 Wochen nach ihrem ersten Auftreten.

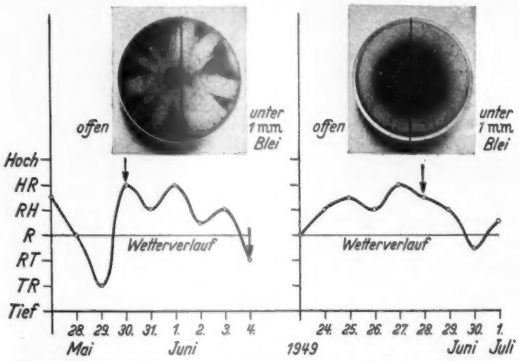
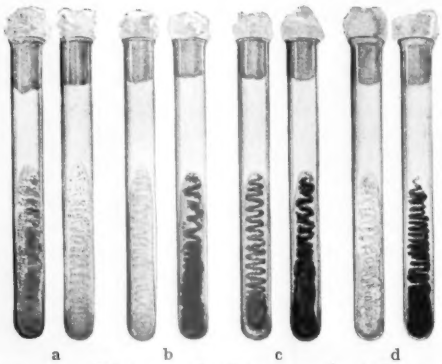


Fig. 10. Entwicklung zweier Kolonien von *Cephalosporium spec.* in Beziehung zu Wetter und Strahlung. ↓ = Tage mit Sektorenbildung.



a b c d

Fig. 11 a—d. a *Vibrio macroflagellatus* nov. spec. (gelb); b *Bact. violaceum* (violett); c *Bact. prodigiosum* (rot); d *Azotobacter chroococcum* (braun) auf *gleichem* Nährboden, der jeweils links bei Hochdruckwetter und rechts bei Tiefdruckwetter sterilisiert wurde. (Nach einer farbigen Zeichnung.)

Mutationen, die im geeigneten Milieu selektiv angereichert werden und im ungeeigneten allmählich oder unter dem Einfluß entgegengesetzt wirkender „Wetterstrahlung" durch Rücksaltation oder Rückmutation plötzlich wieder verschwinden.

Bei sog. spontanen Reaktionen der Organismen kann immer von vornherein vermutet werden, daß sie vielleicht durch „Wetterstrahlung" ausgelöst worden sind. Als typisches Beispiel sei hier ein Fall von Sektorenbildung in Einzelkolonien aufgeführt, eine für viele verschiedene Mikroorganismen bekannte Erscheinung [*28*]. Die in Fig. 10 links dargestellte helle Form einer *Cephalosporium*-Art bildete „spontan", d. h. aus zunächst unbekannten Gründen, langsamer wachsende, dunkel gefärbte Sektoren. Unter Berücksichtigung des Wetterverlaufs stellte es sich dann aber heraus, daß diese Umwandlung fast immer nur während der Übergangszeit vom Tief in ein kräftiges Hoch stattfand, also bei „H-Strahlung", beim umgekehrten Witterungsverlauf, bei „T-Strahlung", dagegen wieder die Rückverwandlung in heller und schneller wachsendes Myzel. Unter 1 mm Blei entstanden die Sektoren meistens etwas früher oder später sowie in geringerer oder größerer Zahl als im unbedeckten Myzel, und bei beständigem Wetter bildeten sich überhaupt keine.

Die saltierende oder mutierende Wirkung der „Wetterstrahlung" ist nicht immer leicht zu erkennen und kann andererseits auch vorgetäuscht werden, weil sich die Beziehungen zwischen Wetterverlauf und Entstehung neuer Formen schon dadurch verwickelter gestalten, daß die Strahlung auch das selektiv wirkende Milieu stark verändern kann. Das war bei bisherigen Mutationsversuchen nicht bekannt und konnte deshalb auch nicht berücksichtigt werden. Wir sahen ja schon an den Beispielen der Synärese und der Kaliumphosphatfällung, daß die „Wetterstrahlung" physikalisch-chemische Reaktionen unbelebter Materie zu beeinflussen vermag. Unter Umständen kann sich Derartiges in mikrobiologisch gebräuchlichen Nährsubstraten abspielen, auf und in denen sich dann die Mikroorganismen ganz verschieden entwickeln können, und zwar je nach Art der bei der Hitzesterilisation des Nährbodens wirksam gewesenen „Wetterstrahlung". Recht augenfällig zeigen das zahllose Mikroorganismen an der Größe ihrer Einzelzellen wie auch an der Bildung oder Nichtbildung der für sie charakteristischen Farbstoffe (Fig. 11). Von vielen sich ähnlich verhaltenden Arten sei hier nur *Bacterium violaceum* näher aufgeführt. Es wuchs im allgemeinen auf dem unter Einwirkung von „H-Strahlen" sterilisierten Nährboden kräftig, in kleineren Einzelzellen und farblos und auf dem gleichen, aber unter Einwirkung von „T-Strahlen" sterilisierten Substrat zwar etwas weniger üppig, dafür aber in etwas größeren Einzelzellen und blau-violett. Auf Grund vorläufiger Versuchsergebnisse wurde das Redoxpotential der Nährsubstrate im ersteren Falle erhöht und im letzteren erniedrigt. Da die Farbstoffbildung auch als Folge unvollständiger Atmung aufgefaßt werden kann[1]), ist die intensive Färbung der gehemmt wachsenden Mikroorganismen gerade auf dem unter „T-Strahlung" erhitzten und dadurch ein niedrigeres Redoxpotential annehmenden Substrat sehr bezeichnend. Die Frage, ob es sich bei solcher Beeinflussung überhaupt um Strahlenwirkungen handelt oder etwa um Wirkungen des von Curry für alle meteorobiologischen Reaktionen verantwortlich gemachten oxydierenden „Arans"

[1]) Aus Tyrosin entsteht bei normaler intensiver Atmung und vollständiger Oxydation Phenylessigsäure, bei gehemmter Atmung und unvollständiger Oxydation aber das schwarz-braune Melanin.

der Luft [*31*], dürfte mit wiederholt festgestellten deutlichen Abschirmeffekten zugunsten der ersteren Annahme entschieden sein. Überdies stand in einer Versuchsreihe mit täglich neu angesetztem und sterilisiertem Nährboden die Bildung des violetten Farbstoffs durch die später darauf geimpften Bakterien nicht nur in ziemlich guter Übereinstimmung mit der Wetterentwicklung an den einzelnen Sterilisationstagen, sondern auch noch mit einem anderen, durch variable Sonnenstrahlung gesteuerten geophysikalischen Ereignis. Da die Sterilisationszeit genau festlag, ließ sich während dieser in Fig. 12 berücksichtigten Versuchsreihe auch eine deutliche Beziehung zur ungefähr in derselben Stunde herrschenden Grenzfrequenz der anomalen *E*-Schicht[1]) der Ionosphäre nachweisen[2]). Ob allerdings die Beziehungen zur anomalen *E*-Schicht auch in längeren Reihen und zu anderen Zeiten gelten, wäre noch zu prüfen. Denn nach DIEMINGER [*46*] konnte „ein gelegentlich behaupteter Zusammenhang zwischen der anomalen *E*-Schicht und Wettererscheinungen ... für die Verhältnisse in Mitteleuropa bisher nicht gefunden werden". Wenn aber schon auf Grund der Parallelität zum Wetterverlauf Änderungen in der Schichtung und Beschaffenheit der Atmosphäre so deutliche Änderungen in der biologischen Strahlenwirkung zur Folge haben, wieviel mehr muß das dann bei Änderungen der primären Strahlung selbst der Fall sein, die in Schwankungen jener Grenzfrequenz zum Ausdruck kommen. EHMERT [*29*] hat auch über gleichzeitig mit hellen chromosphärischen Eruptionen auf der Sonne plötzlich einsetzende Schwankungen der kosmischen Ultrastrahlung bis zu 100% im Stundenmittel berichtet. Leider stehen regelmäßig fortgesetzte Beobachtungen über derartige Vorgänge noch nicht ausreichend zur Verfügung. Daß jedoch mit plötzlichen solaren Strahlenausbrüchen zu rechnen ist, die ohne Latenzzeit biologisch sofort wirken, geht ebenso aus anderen Beobachtungen hervor, wie z. B. aus besonders kurzfristiger, schroffer Änderung der Bakterienschwärmintensität oder dem plötzlichen Ausbruch von Schmerzen bei gewissen Krankheiten und Wunden des Menschen in geschlossenen Räumen und aus den sehr aufschlußreichen Versuchen von DÜLL sowie TAKATA und MURASUGI. Ferner macht sich eine künstlich aus der Ultrastrahlung hinter 18 mm Blei erzeugte Schauerstrahlung auf die Nachkommenschaft von Kaninchen und Mäusen während der Geburt in kürzester Zeit tödlich geltend [*30*].

Bei den bisher besprochenen Versuchen wurde der grundsätzliche Unterschied in der Wirkungsweise der „T"- und „H-Strahlen" schon verschiedentlich gestreift. Die härtere, durchdringendere „H-Strahlung" wirkt oxydierend, die weichere „T-Strahlung" reduzierend. Denn „H-Strahlen" fördern das Schwärmen der Bakterien, die Lichtbildung durch Leuchtbakterien, die bakteriologische Oxydation von Alkohol zu Essigsäure, von Ammoniak zu Nitrit und Nitrat sowie die Bildung von Volutin und die sexuelle Vermehrung der Organismen wie auch die oxydative Veränderung gewisser Nährböden, alles Vorgänge, die mit der aeroben Atmung in unmittelbarem Zusammenhang stehen bzw. Oxydationen darstellen. Im Gegensatz hierzu werden durch „T-Strahlen" gefördert echte Gärungen, mikrobiologische Reduktionen, das vegetative Streckungswachstum der Bakterien und vermutlich auch der Zellen höherer Organismen sowie die Synärese und die reduktive Veränderung mancher Nährsubstrate, Vorgänge also, die als unmittelbare Folgen anaerober

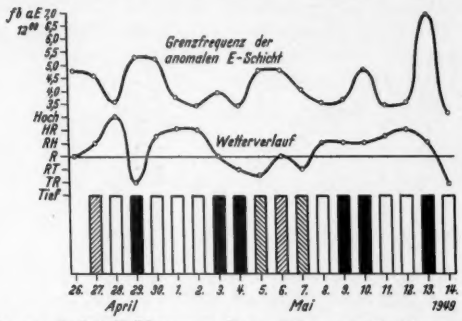


Fig. 12. Farbstoffbildung von *Bact. violaceum* in Beziehung zum Wetterverlauf und zur Grenzfrequenz (f_b) der anomalen *E*-Schicht (*aE*) der Ionosphäre. Nährbodensterilisation und Messung der Grenzfrequenz (in MHz) um 12 Uhr.

Atmung oder als Reduktionen bzw. Aggregationen anzusehen sind.

Dieser wichtige Gegensatz zwischen „H"- und „T-Strahlen", der vielleicht einen bisher übersehenen

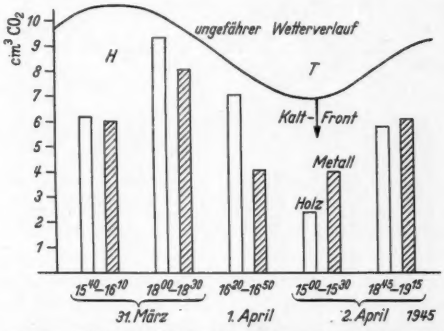


Fig. 13. Intensität der Kohlensäurebildung durch Bäckerhefe im Holzbrutschrank, teils durch 1 mm Messing abgeschirmt, in Beziehung zum Wetterverlauf.

Motor des Lebens darstellt, und einen Schlüssel zum Verständnis meteorobiologischen Geschehens überhaupt enthält, sei am Beispiel zweier Hefearten noch einmal besonders erläutert: Eine Art *Zygosaccharomyzes* bildete unter Einwirkung von „H-Strahlen", also vor und in Hochdruckgebieten, mehr Volutin und kopulierte und sporulierte dann auch stärker als bei „T-Strahlung" vor und in einem Tief (Fig. 1). Auch der ökonomische Quotient und damit der Massenzuwachs sind bei diesen wie bei anderen Organismen unter „H-Strahlung" erhöht. Denn der energetische Impuls dieser Strahlung verstärkt die aerobe Atmung. Genau umgekehrt wird die Gärung einer Bäckerhefe, gemessen an der dabei entstehenden Kohlensäure, vor einem Tief durch „T-Strahlen" gefördert (Fig. 13), während dann der ökonomische Quotient und der Hefeertrag sinken. Charakteristisch ist hierbei die

[1]) Infolge plötzlicher Strahlenausbrüche aus der Sonne entstehende Elektronenwolken, deren Dichte dafür bestimmend ist, welche Frequenz ein von Observatorien abgestrahlter elektromagnetischer Impuls haben muß, damit er gerade noch von dieser Schicht als Echo zurückgeworfen wird (Grenzfrequenz).

[2]) Meßwerte aus dem Institut für Ionosphärenforschung in Lindau am Harz.

Umkehr des Verhältnisses zwischen den Kohlensäuremengen der ungeschützten und der abgeschirmten Kultur beim Durchzug der Kaltfront. Daraus wird geschlossen, daß vorher die gärungsfördernde weiche „T-Strahlung" außerhalb der Metallhülle überwiegt, die sie nicht durchdringen kann, nachher aber die härtere „H-Strahlung". Sie durchdringt die Metallhülle und erzeugt dabei innerhalb derselben mehr der wirksamen „T-Strahlen", als jetzt außerhalb vorhanden sind.

In diesem Zusammenhang muß auch auf die „Aran"-Theorie CURRYS [31] nochmals eingegangen

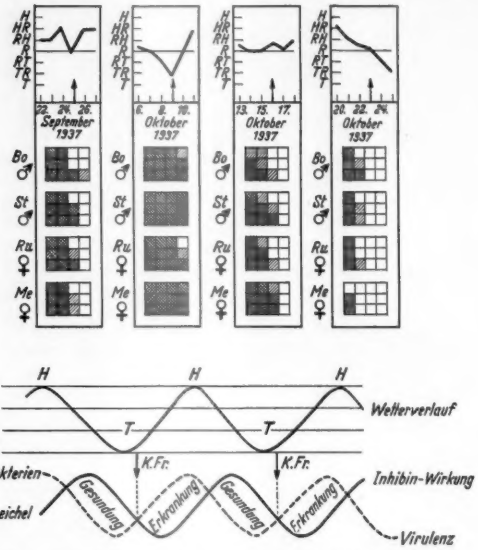


Fig. 14. Speichel-Inhibinwirkung auf *Bact. prodigiosum* in Beziehung zum Wetterverlauf. Erläuterungen im Text.

werden[1]). Auf der Rückseite einer Zyklone, dort, wo die wahrscheinlich ionisierende „H-Strahlung" überwiegt, befindet sich in größerer Höhe verhältnismäßig mehr Ozon als auf der Vorderseite. Durch Vertikalströmung gelangt es in bodennahe Schichten, wo es rasch zerstört wird [46]. CURRY macht aber nicht das Ozon, sondern die Summe aller oxydierenden Substanzen der Atmosphäre, das „Aran", als alleinige Ursache für die Wetterreaktionen des Menschen verantwortlich. Zugegeben sei, daß „Aran" die Atmung und oxydative Prozesse möglicherweise auch zu intensivieren vermag. Jedoch ist die Postulierung seiner ausschließlichen Wirkung auf Grund der hier geschilderten Versuchsergebnisse abzulehnen und ihm höchstens eine untergeordnete Bedeutung beizumessen. Das läßt sich mit Sicherheit unter anderem aus den Experimenten mit eingeschmolzenen Bakterienkulturen und aus den Abschirmeffekten ableiten. Vielmehr wird beides, die Ozon- oder „Aran"-Bildung sowie oxydativ biologisches Geschehen, durch Strahlung ausgelöst, nämlich durch „H-Strahlung", welche in der Zelle oder unbelebter Materie in irgendeiner, im einzelnen noch zu klärenden Weise die Atmung bzw. Oxydationen aktiviert. Entsprechendes gilt sinngemäß für die reduzierende Wirkung der „T-Strahlung".

Nunmehr läßt sich, vom energetischen Standpunkt aus gesehen, auch das Krankheitsgeschehen, insbesondere die Epidemiologie in ihrer Beziehung zum Wetterverlauf besser verstehen. „T-Strahlen" werden nach allem, was gesagt wurde, den Organismus schwächen, indem sie die in erster Linie als Energielieferant in Betracht kommende aerobe Atmung der Zellen und somit den ganzen Stoffwechsel und auch wohl die darauf beruhende Virulenz des Erregers wie die Resistenz des Wirtes lähmen. „T-Strahlen" sind die Ursache für mancherlei Stoffwechselerkrankungen und Gemütsdepressionen [22], [33]. Man wird sich auch ernstlich fragen müssen, ob sie nicht eine wichtige Rolle bei der Tumorgenese spielen, die nach BAUER [34] durch „spontane Mutation" und nach PETERSEN [35] durch zyklonale Wetterlagen ausgelöst werden soll, wobei an den charakteristischen Gärungsstoffwechsel der Krebszellen zu erinnern wäre. Darüber hinaus führen „T-Strahlen" bei lange dauernder intensiver Einwirkung schließlich die PETTENKOFERsche „epidemische Situation" herauf, die bei plötzlich folgender „H-Strahlung" mit ebenso plötzlicher Aktivierung der aeroben Atmung eine unter den sonstigen gegebenen Verhältnissen mögliche Infektionskrankheit zum Ausbruch kommen läßt[2]). Wie ist das aber zu verstehen, da doch die „H-Strahlen" wiederum bei beiden, dem Wirt wie dem Parasiten, die energieliefernden Prozesse fördern? Auf diese Frage ließ sich an Hand von Modellversuchen mit menschlichem Speichel und dem saprophytischen *Bacterium prodigiosum* eine einigermaßen befriedigende Antwort geben. Der an dem in Fig. 14 durch Pfeil gekennzeichneten Tage frisch gewonnene Speichel wurde unverdünnt oder mit physiologischer Kochsalzlösung zu 75, 50 und 25% verdünnt, Bouillonagar im Verhältnis 1:1 beigemischt (entsprechend den vier Blocksäulen von rechts nach links) und dieser dann in PETRI-Schalen ausgegossen und nach dem Erstarren in abnehmender Stärke an drei Stellen beimpft (entsprechend den drei Blocks jeder Säule von unten nach oben). Auf Kontrollplatten, die aufgekochten Speichel enthielten, entwickelte sich das Bakterium stets der Wetterlage entsprechend mehr oder weniger gut. In Fig. 14 sind vier solcher Versuche aufgeführt, aus denen zu ersehen ist, daß die vier verschiedenen Versuchspersonen immer in etwa gleicher Weise reagierten, und zwar im Tief vor steil ansteigender Wetterkurve mit sehr geringer Abwehr oder Inhibinwirkung [36] und entsprechend starker Bakterienentwicklung bis auf Nährböden mit unverdünntem Speichel (Schraffur bis weit rechts), bei fallender Wetterkurve nach einem Hoch dagegen mit sehr starker Abwehr (leere Blocks bis weit links). Im ersteren Falle (9. 10. 37) wäre also eine ausgeprägte Infektions-Wetterentwicklung (Umschwung von Tief nach Hoch) und im letzteren (23. 10. 37) eine besonders gesunde Wetterentwicklung (Umschwung von Hoch nach Tief) erfaßt worden. Reihenversuche bei gleichzeitiger Verwendung frischen und 24 Std alten Speichels und derselben Bakterienkultur ergaben, daß in und kurz nach dem Hoch frischer Speichel wirksamer war als alter. Ein oder zwei Tage später war aber immer noch der

[1]) Auf die älteren, bislang aufgestellten Kausaltheorien einzugehen, erübrigt sich, weil sie den experimentellen oder Erfahrungstatsachen in dem einen oder anderen Punkt ebenfalls widersprechen und zum Teil schon von anderer Seite als unbefriedigend abgelehnt worden sind [32].

[2]) Strenggenommen gilt das alles nur für aerobe Organismen und aerobe Stoffwechselprozesse. Wie sich die Verhältnisse bei überwiegend anaerober Lebensweise des Parasiten gestalten würden, bedarf noch der Klärung.

damals frische, nun alte Speichel wirksamer als jetzt frisch gewonnener. Daraus folgt, daß nicht nur das Bakterium in seiner Virulenz, sondern auch der Speichel in seiner Inhibitionswirkung von der „Wetterstrahlung" beeinflußt wird, nur — und das ist das Wesentliche — etwas später als das Bakterium.

Es kann also angenommen werden, daß sich die Reaktion auf „H-Strahlung" bei den einfacher gebauten, meist einzelligen Parasiten bis zur Manifestierung hochvirulenter Eigenschaften schneller vollziehen wird als der entsprechende Ablauf bis zur Verstärkung der Abwehrkraft im komplizierten vielzelligen Wirtsorganismus. Dieser wird dann zwangsläufig unterliegen, wie er beim umgekehrten Wetterverlauf, also bei beginnender „T-Strahlung", wegen derselben Reaktionskettenlänge, zunächst noch im aktivierten antizyklonalen Zustand verharrend, den nun bereits geschwächten Parasiten überwinden wird. Bei starker Vereinfachung läßt sich dieses Ergebnis in der im unteren Teil der Fig. 14 gewählten Form darstellen. Aus der Phasenverschiebung der beiden Aktivitätskurven der Bakterien einerseits und der Speichelinhibine andererseits folgt die Entstehung einer Seuche beim Übergang vom Tief zum Hoch und ihr Erlöschen beim Übergang vom Hoch zum Tief. Schon WUNDERLICH [*37*] hat in seiner Krankheitslehre den für die Gesundheit oft nachteiligen Einfluß eines plötzlichen Übergangs von sog. schlechtem zu schönem Wetter festgestellt, und auch RICHTER [*38*] hat die pandemische Bedeutung ausgedehnter Hochdruckgebiete schon frühzeitig erkannt. Wenn PETERSEN und MAYNE [*39*] später berichtet haben, daß Neuerkrankungen an Scharlach bei Hochdruckwetter zu- und bei Tiefdruckwetter abnehmen, dann ist das nur eine von zahlreichen Beobachtungen verschiedener Autoren, die verschiedensten Infektionskrankheiten betreffend.

Durch einige vorläufige Versuchsergebnisse über die Pathogenität polkörnchenhaltiger und unter „T-Strahlen"-Einwirkung polkörnchenfrei gewordener Diphtheriebakterien für Meerschweinchen wurde die aufgestellte „Wetterstrahlen"-Theorie der Pathogenese gestützt. Auf phytopathologischem Gebiet konnte sie dann in einigen Reihenversuchen mit drei durch Bakterien verursachten Infektionskrankheiten (Kartoffelnaßfäule, Tabakwildfeuer und Bohnenfettflecken) im Jahre 1942 noch stärker untermauert werden [*40*]. Etwa ein Jahr lang durchgeführte Impfungen der drei verschiedenen Pflanzenarten mit den entsprechenden pathogenen Bakterien hatten im großen und ganzen ein Aufflammen und Verlöschen der künstlich gesetzten Infekte mit dem Auf und Ab der Wetterkurve zur Folge. Der Hypothese entsprechend sanken die Erkrankungsziffern ab, wenn kein ausreichender Tief-Hoch-Kontrast vorlag. Alle diese Versuche haben unter anderem gezeigt, daß der Infektionserfolg in erster Linie von der Beschaffenheit der verimpften Bakterienkultur abhängt, deren Virulenz durch diejenige „Wetterstrahlung" bestimmt wurde, die während der 24stündigen Vorzüchtung der Bakterien auf Bouillon-Agar herrschte. Der hierbei empfangene Impuls wurde an die in 7tägigen Intervallen gezüchteten Folgekulturen weitergegeben und summierte sich mit den dabei neu empfangenen Impulsen gleicher Art. Andererseits konnte bei der Fortzüchtung auch beispielsweise ein virulenzsteigender „H-Strahlen"-Impuls durch einen entsprechend starken virulenzschwächenden „T-Strahlen"-Impuls ausgelöscht oder sogar ins Gegenteil verkehrt werden.

Ganz besonders aufschlußreich bezüglich vorhandener Beziehungen zwischen Infektionskrankheiten und meteorologischen sowie kosmisch-solaren Vorgängen scheinen die jüngsten Ergebnisse der fortgeführten phytopathologischen Experimente zu sein. Wieder wurden täglich vom 27. 4. bis 14. 10. 50 Tabakpflanzen unter möglichst konstanten Bedingungen mit in stets gleicher Weise vorgezüchteten Kulturen von *Pseudomonas tabaci* infiziert. Nach Auswahl aller über mindestens drei Tage freistehenden Fälle deutlicher

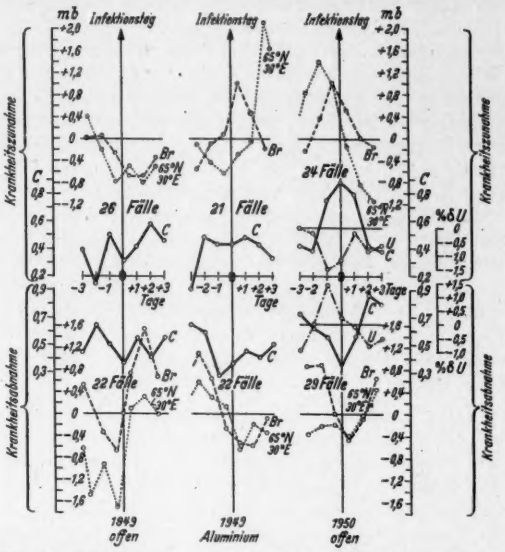


Fig. 15. Zunahme und Abnahme der Tabakwildfeuer-Krankheit, verglichen mit dem erdmagnetischen Charakter (*C*), der prozentualen Abweichung der luftdruckkorrigierten Tagesmittel vom Normalwert der Höhenstrahlung (*U*) und den 3tägig übergreifenden Mitteln der interdiurnen Luftdruckänderungen über Braunschweig (*Br*) und 65° N 30° E bei täglicher Infektion 1949 mit offen und unter 0,07 mm Aluminium, 1950 nur mit offen vorgezüchteten Bakterien.

Zunahme und aller jener entsprechenden Fälle deutlicher Abnahme der Krankheitserscheinungen wurden diese nach der n-Methode synchronisiert und in Beziehung gesetzt zu den Mittelwerten der erdmagnetischen Charakteristik (Observatorium Wingst) an diesem Stichtag sowie bis zu drei Tagen davor und danach. In sinngemäß gleicher Weise kamen auch die Mittel der interdiurnen Luftdruckänderungen über Braunschweig (aus Tagesmitteln berechnet) und über einem bestimmten Punkt Finnlands (aus den 0⁰⁰-Uhr-Karten entnommen) nach nochmaliger 3tägig übergreifender Mittelbildung zur Darstellung. Dieser Punkt 65° N 30° E in Finnland wurde deshalb zusätzlich gewählt, weil hier sowohl nach KOPPE [*25*], [*26*] als auch nach DÜLL [*27*] die in statistisch überzufälliger Beziehung zu Eruptionen auf der Sonne und zur erdmagnetischen Charakteristik nachgewiesenen starken atmosphärischen Schwingungen am deutlichsten ausgeprägt sind. Das Ergebnis war eine überraschend klare, positive Dreifachkorrelation zwischen Krankheitsverlauf, Erdmagnetismus und Luftdruckgang (Fig. 15 rechts) mit Ausnahme der mit Krankheitsabnahme verbundenen Druckänderungen über Finn-

land. An erdmagnetisch gestörten Tagen und bei großräumig steigendem Druck nahmen Umfang und Schwere der Infektionskrankheit zu, und an erdmagnetisch ruhigen Tagen mit großräumigem Luftdruckfall, dem nur in Braunschweig starker Druckanstieg unmittelbar vorausging, nahmen sie ab. Auch BACH und SCHLUCK [*24*] fanden eine Häufung von Eklampsiefällen an erdmagnetisch gestörten Tagen. Bemerkenswert ist ferner der ungewöhnlich starke Druckfall über 65° N 30° E in Mittelfinnland nach erdmagnetisch gestörten Tagen mit Krankheitszunahme. Damit erfährt die eben erwähnte meteorologische Entdeckung einer Korrelation zwischen Sonnenaktivität und Luftdruckschwingungen eine weitere Bestätigung. Insgesamt haben also die Infektionsversuche von 1950 wieder einen Beweis dafür geliefert, daß eine variable Sonnenstrahlung sowohl biologisches als auch meteorologisches Geschehen beeinflußt, und daß eine Infektionskrankheit sich bei „H-Strahlung" ausbreitet und bei „T-Strahlung" abnimmt oder ganz erlischt. Dabei ist zu bedenken, daß die Variabilität der Strahlung einmal und vor allem von der veränderlichen Aktivität der Sonne ausgeht, zum anderen aber auch wohl von den zum Teil durch diese variable Strahlung hervorgerufenen Tief- und Hochdruckgebieten der Troposphäre. Beim Durchgang durch die wechselnden atmosphärischen Schichten verschiedener Beschaffenheit kann die Strahlung mehr oder weniger verändert werden, bevor sie des weiteren meteorologisch und vor allen Dingen biologisch zur Wirkung kommt.

Das gilt natürlich für die „Wetterstrahlung" ebenso wie für die Höhenstrahlung, die vielleicht einen Teil der „Wetterstrahlung" enthält. Die Höhenstrahlung oder kosmische Ultrastrahlung wird nach neueren Auffassungen [*30*], [*41*], [*42*] zum großen Teil auch von der Sonne kommen. Jedoch kann und soll diese Frage des Ursprungs hier ebensowenig untersucht werden wie der noch immer dunkle kausale Zusammenhang mit solaren und terrestrischen Faktoren. Es möge vorerst genügen, auf die 1950 wirklich vorhandene Korrelation zwischen Ultrastrahlung[1]) einerseits und erdmagnetischem Charakter und Infektionskrankheit andererseits hinzuweisen (Fig. 15 rechts). In Übereinstimmung hiermit hat auch BERG [*35*] schon erwähnt, daß sowohl die Intensität der Höhenstrahlung als auch der Depressionscharakter in der Umgebung erdmagnetisch gestörter Tage absinken. An den beiden Kurven der Ultrastrahlung in Fig. 15 fällt auch die deutliche Lage der Maxima der positiven wie der negativen Abweichungen vom Normalen 24 Std vor den gewählten Stichtagen auf, woraus auf eine virulenzschwächende Beeinflussung der pathogenen Bakterien während der 24 Std ihrer Vorzüchtung durch eine Komponente der Ultrastrahlung geschlossen werden könnte, die dann mit der „T-Strahlung" zu identifizieren wäre. Aber vorläufig ist das Material noch zu gering, um kausale Zusammenhänge mit Sicherheit erkennen zu können. Immerhin bestehen Beziehungen zwischen allen diesen terrestrischen und kosmisch-solaren Faktoren, und die meteorobiologische Strahlungshypothese erhält dadurch eine weitere Stütze.

[1]) Bislang konnte nur eine Meßreihe vom Juli bis Oktober 1950 der Abteilung Ionosphärenforschung am Observatorium Warnemünde beschafft und mit den experimentellen Daten verglichen werden.

Nun hat allerdings eine vom 23. 6. bis 26. 11. 49 in entsprechender, wenn auch nicht ganz so sorgfältiger Weise durchgeführte Infektionsreihe kein derartiges Ergebnis gezeigt wie 1950 (Fig. 15 links). Zwar waren den Stichtagen mit Krankheitszunahme und mit Krankheitsabnahme gleichfalls großräumige Luftdruckschwingungen zugeordnet, für Krankheitsabnahme sogar mit noch größeren Amplituden. Aber auch an den Stichtagen mit Krankheitszunahme fiel diesmal der Druck und stieg bereits wieder unmittelbar nach den Stichtagen mit Krankheitsabnahme. Irgendeine Beziehung zum Erdmagnetismus konnte überhaupt nicht festgestellt werden. Ganz anders jedoch wurde das Bild, und zwar dem von 1950 sehr ähnlich, als eine Parallelreihe von 1949 untersucht wurde, in der die gleichen im selben Holzbrutschrank, aber unter 0,07 mm Aluminium vorgezüchteten Bakterien verimpft worden waren (Fig. 15 Mitte). Jetzt war wieder dieselbe Beziehung zum Erdmagnetismus zu erkennen wie 1950 bei Verwendung ungeschützt vorgezüchteter Bakterien[2]), wenn auch weniger deutlich und statistisch nicht überzufällig. Jetzt stieg auch wieder an den Stichtagen mit Krankheitszunahme der Luftdruck über Braunschweig, allerdings noch nicht über Finnland. Hier folgte ein steiler Anstieg erst zwei Tage danach. Um die Stichtage mit Krankheitsabnahme fiel der Druck wieder großräumig ungefähr wie 1950. Schon auf den ersten Blick ist zu erkennen, wie die Kurven der drei Versuchsreihen in ihrer durchschnittlichen Höhenlage eine von links nach rechts steigende Tendenz verraten.

Aus diesen Feststellungen wird geschlossen, daß das 1950 so klare Bild im Jahre 1949 durch ein Übermaß an „T-Strahlung" gestört war, die sich durch 0,07 mm Aluminium von den Bakterienkulturen teilweise abschirmen ließ. Weitere Stützen für diese Annahme lassen sich in folgendem erblicken: 1949 sind von insgesamt 157 Infektionen (Tage) ohne Aluminium 58 und mit Aluminium 54 völlig negativ verlaufen, 1950 dagegen von 171 Infektionen nur 27. Die weiter oben beschriebene Kalziumphosphat-Fällungsreaktion war 1949 bei insgesamt 425 Untersuchungen offen nur 14mal mehr oder weniger streifig und unter 0,07 mm Aluminium ebenso oft, dann aber durchschnittlich deutlicher. 1950 sind dagegen von insgesamt 323 Fällungen offen 59 mehr oder weniger streifig gewesen und unter Aluminium sogar 236. Ferner ist *Bacterium violaceum* auf einem bestimmten Nährboden 1949 fast ausschließlich violett gewachsen, 1950 aber sehr oft ganz farblos.

Fragen wir danach, wie denn die virulenzsteigernde Wirkung von „H-Strahlen" auf eine Kultur von beispielsweise *Pseudomonas tabaci* zu verstehen ist, so muß an die bereits erwähnte saltierende, modifizierende oder mutierende Wirkung dieser Strahlen erinnert werden. Denn die Umstimmung trat immer plötzlich ein, hielt sich dann aber, solange keine umgekehrte Beeinflussung durch „T-Strahlen" einsetzte. Mehrere Impulse summierten sich. Durch Verdünnung der zur Infektion verwendeten Aufschlämmung ließ es sich wahrscheinlich machen, daß diese in einer großen Menge avirulenter nur verhältnismäßig wenig virulente Keime enthielt, deren Zahl bei Anzucht unter „H-Strahlung" offenbar zunahm.

[2]) 1950 wurden keine Bakterien unter Aluminium vorgezüchtet.

Schließlich können auch unter fortgesetzter „T-Strahlen"-Wirkung völlig avirulente Kulturen entstehen, die dann dauernd so bleiben und folglich eine apathogen gewordene „reine Linie" darstellen. Die selektive Wirkung des Nährbodens ist bei diesen Betrachtungen natürlich nicht außer acht zu lassen. Zur experimentellen Untersuchung derartiger bakteriologischer Probleme sind verschiedene Farbstoffbildner besonders gut geeignet. KAPLAN [*43*] hat bei seinen Mutationsforschungen *Bacterium prodigiosum* verwandt, dessen „spontane Mutationen" von rot nach farblos und umgekehrt auf Grund eigener Untersuchungen wahrscheinlich gleichfalls von der „Wetterstrahlung" ausgelöst werden. Die farblose, schneller wachsende Form wird dann auf einem unter „H-Strahlung" sterilisierten Nährboden selektiv angereichert und die rote, langsamer wachsende auf dem gleichen, aber unter „T-Strahlung" sterilisierten Substrat. Aber auch andere Mikroorganismen können unter dem Einfluß der „Wetterstrahlung" saltieren oder mutieren. So können z. B. durch „H-Strahlen" aus zellulosezersetzenden Zytophagen des Erdbodens zuckerzersetzende Formen entstehen, die dann unter Umständen Zellulose nicht mehr angreifen. Ganz allgemein läßt sich aus der Reihe ähnlicher Feststellungen schließen, daß Mikroorganismen unter dem Einfluß verschiedener „Wetterstrahlen" in Formen mit abweichendem Stoffwechsel überführt und dann in zusagenden Nährmedien angereichert werden können. Auf die Frage PFEIFFERS [*44*], wie „die jetzt noch ganz rätselhaften Bedingungen" aussehen, „welche den Influenza-Erreger, ..., so verändern, daß er, ..., sich in die hochpathogene Form umwandelt, die ihn befähigt, in plötzlichem Ausbruch die gesamte Menschheit seiner krankmachenden Wirkung zu unterwerfen", ist also auf Grund obiger Feststellungen zu antworten: Dieses geschieht vermutlich durch Saltation der Erreger infolge intensiver „H-Strahlung" und Selektion in dem unter voraufgegangener „T-Strahlung" anfällig gewordenen menschlichen Organismus. Damit hätte die eingangs erwähnte epidemiologische Grundanschauung PETTENKOFERS eine experimentelle Bestätigung gefunden, indem die „örtliche und zeitliche Disposition (z)" durch die veränderliche „Wetterstrahlung" bedingt ist.

Ihre physikalische Identifizierung ist zur Zeit noch nicht möglich. Dennoch sei es mir gestattet, schon jetzt auf folgendes hinzuweisen: Über günstige und ungünstige Wirkungen verschiedener Wellen- und Teilchenstrahlen auf Mikro- und Makroorganismen liegen bereits eine Reihe von Untersuchungsergebnissen vor, die jedoch alle nicht zur Erklärung der hier geschilderten Wirkungen ausreichen. Während SCHULZE [*45*], [*46*] Korpuskularstrahlung als Ursache meteorobiologischer Reaktionen heute noch ablehnt und in erster Linie an Hochfrequenzstrahlung im Bereich der Meterwellen denkt, sind KIEPENHEUER [*47*] und SIEDENTOPF [*48*] auf Grund der Feststellungen TAKATAS und MURASUGIS neuerdings auch der Meinung, daß es noch nicht möglich ist, „die Gesamtheit der von TAKATA gefundenen Effekte auf die Wirkung einer der bekannten Wellen- oder Korpuskularstrahlungen der Sonne zurückzuführen", und „daß die Sonnenstrahlung am Erdboden eine Komponente besitzen muß, deren physikalische Natur unbekannt ist, die jedoch meßbare biologische Wirkungen hervorzubringen vermag". Angesichts des Neulandes, das sich der physikalischen Forschung hier auftut, dürfte es aber doch wenigstens etwas richtungweisend sein, daß die geschilderten Infektionsversuche und die anderen Beobachtungen einen beträchtlichen Unterschied zwischen den „Wetterstrahlungen" der Jahre 1949 und 1950 aufgedeckt haben, der sich auch im Verhältnis der Sonnenflecken-Relativzahlen zu den erdmagnetischen Charakterzahlen sowie in der barometrischen Unruhe widerspiegelt. Während 1949 die Sonnenflecken-Relativzahlen noch sehr hoch lagen, die Luftdruckschwingungen sehr große Amplituden aufwiesen und durch die biologischen und physikalisch-chemischen Reaktionen überwiegend „T-Strahlung" registriert wurde, zeichnete sich 1950 das typische Nachfolgen des Maximums erdmagnetischer Störungen nach demjenigen der Sonnenflecken schon recht deutlich ab. Die kräftigen, in langen Sequenzen nach jeder Sonnenumdrehung wiederkehrenden erdmagnetischen Störungen werden auf Teilchenstrahlung zurückgeführt [*49*], [*50*], [*51*]. Gleichzeitig wurde bei sich beruhigender Atmosphäre in den Experimenten sehr oft starke „H-Strahlung" nachgewiesen. Das könnte darauf hindeuten, daß diese Komponente der „Wetterstrahlung" auch eine Teilchenstrahlung ist, eine Vermutung, die um so mehr gerechtfertigt erscheint, als sie mit den experimentell bisher ermittelten Eigenschaften dieser Strahlung im Einklang steht. Sie deckt sich ferner mit der Feststellung ISRAELS [*52*], daß die Jahresringe der Bäume zu Zeiten größter erdmagnetischer Störung bei abnehmenden Sonnenflecken-Relativzahlen am dicksten werden (energieliefernde „H-Strahlung"!) und auch mit der Zunahme und Erschwerung verschiedener Infektionskrankheiten seit 1949. Es ist übrigens bezeichnend, daß in den Jahren 1918 bis 1920, die uns die letzte große Grippepandemie brachten, die Differenz zwischen erdmagnetischer Aktivität und Sonnenflecken-Relativzahlen ungewöhnlich groß war. Was die Wellenstrahlen der Sonne betrifft, so hat DÜLL [*22*] schon auf bestehende Zusammenhänge zwischen diesen Strahlen und zyklonalem Wettercharakter hingewiesen. Alles in allem genommen wird darum wohl die Annahme, daß die auch in den geschilderten Experimenten sich immer wieder sehr komplex darstellende „Wetterstrahlung" aus Wellen und Korpuskeln zusammengesetzt ist, den tatsächlichen Gegebenheiten am nächsten kommen, und zwar wahrscheinlich mit einem Schwergewicht der Teilchen und Quanten bei der „H-Strahlung" und der längeren Wellen bei der „T-Strahlung". Eine endgültige Entscheidung in dieser Frage muß jedoch künftiger Forschung vorbehalten bleiben.

In Anbetracht der verschiedenen Bedingungen während einer Sonnenfleckenperiode und noch längeren überlagerten Perioden werden auch viele andere Fragen, die erst jetzt mit fortschreitender Erkenntnis meteorobiologischer Zusammenhänge auftauchen, in langwieriger, geduldiger Arbeit beantwortet werden müssen. So dürfte es z. B. aufschlußreich sein, warum JENSEN [*53*] die früher von mir festgestellten Beziehungen zwischen *Azotobacter*-Stickstoffbindung und Wetterverlauf in kürzlich durchgeführten Nachprüfungen nicht bestätigen konnte. JENSEN hat seine Versuche während des letzten Sonnenfleckenmaximums ausgeführt, ich dagegen während eines

Minimums[1]). Desgleichen wäre es wichtig, Simultanversuche an verschiedenen Punkten der Erde sowie in verschiedenen Höhen über und Tiefen unter der Erdoberfläche vorzunehmen. Da sich die Stimmen aus allen Gebieten der Naturwissenschaft und Technik mehren [54], [55], [56], [57], [58], [59], die über merkwürdige, kausal ungeklärte Rhythmen und „spontane" Reaktionen verschiedener Objekte berichten, zum Teil in mündlicher oder schriftlicher privater Mitteilung, wäre auch hier in jedem einzelnen Falle zu prüfen, ob nicht die „Wetterstrahlung" als Ursache in Frage kommt. Jedenfalls sollte sie bei allen naturwissenschaftlichen Arbeiten die ihr gebührende Berücksichtigung finden.

Zusammenfassung.

Meteorobiologische Reaktionen werden auf Grund experimenteller Ergebnisse auf Strahlung zurückgeführt, die sowohl den Menschen als auch Mikroorganismen und leblose Materie beeinflußt und zum Wetterverlauf in Beziehung steht. Diese „Wetterstrahlung" tritt bei zyklonaler Wetterentwicklung als verhältnismäßig weiche „T-Strahlung" auf, bei antizyklonaler als verhältnismäßig harte „H-Strahlung" und läßt sich durch Metall teilweise abschirmen. „T-Strahlen" fördern Reduktionen, anaerobe Gärungen, Aggregationen und das vegetative Streckungswachstum, „H-Strahlen" dagegen Oxydationen, die aerobe Atmung und deren Folgeerscheinungen wie den Ernteertrag und die generative Vermehrung. Die „Wetterstrahlung" kommt mindestens zu einem großen Teil von der Sonne, und zwar die „H-Strahlung" wahrscheinlich zusammen mit der den Erdmagnetismus störenden Partikelstrahlung aus den solaren M-Regionen und die „T-Strahlung" vermutlich mit Wellenstrahlungen aus den Sonnenflecken und mit der Ultrastrahlung, die während der Versuchszeit 1950 zum epidemischen Geschehen wie zur erdmagnetischen Störung und zur Luftdruckänderung in negativer Korrelation stand. Das Krankheitsgeschehen wird als Folge wechselnder Beeinflussung der Makroorganismen wie der parasitischen Mikroorganismen durch „T"- und „H-Strahlen", zum Teil mit modifizierender oder saltierender (mutierender) Wirkung, gedeutet. Ausbruch und Erlöschen von Infektionskrankheiten und Epidemien erklären sich so als Folge von Phasenverschiebungen in den Wirkungskurven der „H"- und „T-Strahlen" auf Wirt und Parasit.

Herrn Professor Dr. Koppe (Braunschweig) sowie Herrn Müller, Leiter der Wetterwarte Braunschweig, möchte ich für wertvolle Diskussionen und tatkräftige Unterstützung meinen besonderen Dank aussprechen.

[1]) Jensen hat außerdem seine Nährlösungen sterilisiert, was ich nicht tat. Eigene Versuche, die theoretisch wie praktisch wichtige Ursache für die verschiedenen Arbeitsergebnisse aufzufinden, sind angelaufen.

Literatur.

[1] Gruber, M.: Ber. dtsch. Chem. Ges. **36**, 4512 (1903). — [2] de Rudder, B.: Grundriß einer Meteorobiologie des Menschen. Wetter und Jahreszeiteneinflüsse. Berlin 1938. — [3] Petersen, Wm. F.: The patient and the weather. Michigan 1937; nach S. G. Holzmann, Patient und Wetter. Inaug.-Diss. München 1936. — [4] Wiegand, H.: Dtsch. med. Wschr. **1948**, 200. — [5] Arnoldi, W.: Med. Welt **10**, 294 (1936). — [6] Hagentorn, A.: Münch. med. Wschr. **1932**, 1181. — [7] Clauberg, K. W.: Zbl. Bakter. I Orig. **114**, 372 (1929). — [8] Lotze, H.: Zbl. Bakter. I Orig. **121**, 161 (1931). — [9] Braun, W.: Bacteriol. Rev. **11**, 75 (1947). Ref. Ber. Biol. **64**, 236 (1948). — [10] Luria, S. E.: Bacteriol. Rev. **11**, 1 (1947). — Ref. Ber. Biol. **64**, 216 (1948). — [11] Fischer, E., u. E. Gäumann: Biologie der pflanzenbewohnenden, parasitischen Pilze. Jena 1929. — [12] Martini, E.: Wege der Seuchen. Stuttgart 1936. — [13] Bortels, H.: Zbl. Bakter. II **102**, 129 (1940). — [14] Bortels, H.: Zbl. Bakter. II **105**, 305 (1942). — [15] Bortels, H.: Arch. f. Mikrobiol. **14**, 450 (1950). — [16] Findeisen, E.: Bioklimat. Beibl. **10**, 23 (1943). — [17] Eugster, J.: Die Weltraumstrahlung (kosmische Strahlung) und ihre biologische Wirkung. Zürich-Leipzig 1940. — [18] Bortels, H.: Zbl. Bakter. I Orig. **155**, 160 (1950). — [19] Linke, F., u. B. de Rudder: Medizinisch-meteorologische Statistik. Berlin 1936. — [20] Düll, B. u. T.: Med. Welt **1936**. — [21] Düll, B. u. T.: Bioklimat. Beibl. **6**, 65 (1939). — [22] Düll, B.: Wetter und Gesundheit. Wissenschaftlicher Forschungsbericht 54. Leipzig 1941. — [23] Takata, M., u. T. Murasugi: Bioklimat. Beibl. **8**, 17 (1941). — [24] Bach, E., u. L. Schluck: Zbl. Gynäk. **66**, 196 (1942). — [25] Düll, B.: Smithsonian Miscell. Collect. 110. Washington 1948. — [26] Koppe, H.: Ann. d. Meteorol. **1**, 294 (1948). — [27] Koppe, H.: Vortrag meteorol. Ges. Hamburg Oktober 1950. — [28] Rippel-Baldes, A.: Grundriß der Mikrobiologie. Berlin u. Göttingen 1947. — [29] Ehmert, A.: Physikal. Blätter **3**, 317 (1947). — [30] Barnothy, J., u. M. Forro: Experientia **4**, 31 (1948). — [31] Curry, M.: Bioklimatik. Riederau, Ammersee 1946. — [32] Mörikofer, W.: Schweiz. medizin. Wschr. **1945**, 333. — [33] Hellpach, W.: Geopsyche. Stuttgart 1950. — [34] Bauer, K. H.: Das Krebsproblem. Berlin: 1949. — [35] Berg, H.: Wetter und Krankheiten. Bonn 1948. — [36] Dold, H., W. Lächele u. Du Dscheng Hsing: Z. Hyg. **118**, 369 (1936). — [37] Philipsborn, E. v.: Bioklimat. Beibl. **5**, 111 (1938). — [38] Richter, C. M.: Arch. int. Med. **27**, 361 (1920). — [39] Petersen, Wm. F., u. A. Mayne: Bioklimat. Beibl. **7**, 55 (1940). — [40] Bortels, H.: Phytopath. Z. **15**, 376 (1948). — [41] v. Roka, E. A.: Naturwiss. **36**, 24 (1949). — [42] Zirkler, S.: Z. Naturforschg. **4a**, 394 (1949). — [43] Kaplan, R. W.: Naturwiss. **37**, 249, 276 (1950). — [44] Pfeiffer, R.: Zbl. Bakter. I **121**, 241 (1931). [45] Schulze, R.: Naturwiss. **34**, 238 (1947). — [46] Schulze, R.: Med. Meteorol. Hefte **1950**, Nr. 2, 1. — [47] Kiepenheuer, K. O.: Naturwiss. **37**, 234 (1950). — [48] Siedentopf, H.: Physikal. Blätter **6**, 539 (1950). — [49] Bartels, J.: Elektr. Nachr.-Techn. **10**, 1 (1932). — [50] Bartels, J.: Abh. preuß. Akad. Wiss. **1941**. — [51] Bartels, J.: Geophys. Fiat Rev. of German Sci. 1939—1946, Bd. 17/18. 1948. — [52] Israel, H.: Naturwiss. Rdsch. **3**, 101 (1950). — [53] Jensen, H. L.: Plant a. Soil **2**, 301 (1950). — [54] Bünning, E.: Naturwiss. **35**, 221 (1948). — [55] Söding, H., u. H. Funke: Jb. Bot. **90** (1941). Ref. Züchter **14**, 77 (1942). — [56] Gertz, O.: K. fysiogr. Sällsh. Lund Förh. **16**, 88 (1946). — Ref. Rev. appl. Mycol. **27**, 206 (1948). — [57] Kanervo, Veikko: Ann. Entom Fenn. **14**, 99 Suppl. (1949). — [58] Lodenkämper, H.: Zbl. Bakter. I Orig. **139**, 214 (1937). Ref. Zbl. Bakter. II **97**, 328 (1937/38). — [59] Wegener, W., u. E. Luyken: Melliand Textilber. **31**, 822 (1950).

Aus dem Institut für Bakteriologie und Serologie der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft, Braunschweig-Gliesmarode.

Eingegangen am 8. Februar 1951.

Berichte.

Der Szintillationszähler.

Von W. Hanle, Gießen.

1. Allgemeines.

Die Entwicklung der Kernphysik beruht weitgehend auf der großen Empfindlichkeit ihrer Meßmethoden. Diese erlaubt, einzelne Korpuskeln und Strahlungsquanten nachzuweisen und die Bewegungsenergie der Korpuskeln oder die Wellenlänge der Strahlung zu messen. Treten schnelle, geladene Korpuskeln mit der Materie in Wechselwirkung, so können sie auf die Molekeln Energie in Form von Ionisierungsenergie, Anregungsenergie (Lichtenergie) oder chemischer Energie (Dissoziationsenergie) übertragen. Die Ionisierung wird zum Nachweis in der Ionisationskammer, im Zählrohr und im Spitzenzähler, in der Nebelkammer und im Kristallzähler, die Umwandlung von Bewegungsenergie in chemische Energie in der photographischen Platte ausgenutzt, die Erzeugung von Licht beim Szintillationszähler.

In den ersten Zeiten der Kernphysik wurde die Szintillationsmethode viel angewandt. RUTHERFORD hat seine Messungen der Streuung von α-Teilchen und der Umwandlung von Stickstoffkernen mit dieser Methode ausgeführt. Diese sehr lichtschwachen Szintillationen wurden dabei visuell im Dunkeln mit ausgeruhtem und gut adaptiertem Auge untersucht. Später wurde dieses unbequeme Verfahren durch die objektiven elektrischen und photographischen Meßmethoden verdrängt.

Erst als KALLMANN sowie COLTMAN und MARSHALL [*75, 25*] auf die an und für sich sehr naheliegende Idee kamen, statt des Auges ein empfindliches photoelektrisches Gerät zum Nachweis der Szintillationen zu benutzen, gelangte die Szintillationsmethode wieder zu Ehren und ist in wenigen Jahren zu einer häufig benutzten Methode der Kernphysik ausgebaut worden [*16, 17, 33, 50, 61, 70, 75, 110*]. Berichte siehe [*24, 53, 74*]. Im allgemeinen verwendet man zum Nachweis der Szintillationen einen Sekundärelektronenverstärker mit lichtempfindlicher Kathode. (Photomultiplier, hier im folgenden mit P.S.E.V. = Photo-Sekundär-Elektronen-Verstärker bezeichnet.)

Der Nachweis von α- und β-Teilchen sowie γ-Strahlen durch Szintillationen läßt sich leicht demonstrieren (Fig. 1). Bringt man etwa bei einem P.S.E.V. vom Typ RCA 931 A einen Leuchtschirm mit aktiviertem Zinksulfid über die Photokathode und bestrahlt ihn mit α-Teilchen einer Radium- oder Poloniumquelle, so erhält man am Ausgang des P.S.E.V. elektrische Spannungsimpulse, die nach etwa 100facher Nachverstärkung leicht durch ein Zählwerk registriert, mit einem Oszillographen beobachtet oder im Telephon oder Lautsprecher gehört werden können. α-Teilchen mit einer Bewegungsenergie von 5 MeV erzeugen in einem Zinksulfidschirm $5 \cdot 10^5$ Quanten. Davon gelangen 10^5 Quanten auf die Photokathode des P.S.E.V. und lösen dort 10^4 Photoelektronen aus. Bei einer 10^5fachen Verstärkung gibt dies am Ausgang des Verstärkers 10^9 Elektronen, das ist ein Ladungsstoß von 10^{-10} Coul. Bei einer Kapazität von 100 pF gibt dies einen Spannungsstoß von 1 V. Es genügt also eine 100fache Nachverstärkung, um auf dem Oszillographen einen großen Ausschlag hervorzurufen. Meistens erhält man allerdings viel kleinere Impulse und muß entsprechend mehr verstärken. Häufig sind die Szintillationen so schwach, daß man an die Grenze der Nachweismöglichkeit kommt. Daraus ergeben sich verschiedene Probleme: Wahl des Leuchtstoffs, der Schichtdicke, der optischen Anordnung, des P.S.E.V. und der elektrischen Nachverstärkung.

2. *Versuchstechnik.*

Um das Verhältnis der Signalimpulse zu den thermischen Störimpulsen möglichst groß zu machen und für Szintillationen gleicher Intensität gleiche Impulshöhen am Ende des P.S.E.V. zu erhalten, muß möglichst viel Licht des Leuchtschirmes ausgenutzt werden. Leuchtschirme aus Zinksulfid werden zu diesem Zwecke in einem Hohlspiegel angebracht [*100*], welcher etwa 50% des ausgestrahlten Lichtes auf die Photokathode des P.S.E.V. konzentriert. Ist der Leuchtstoff ein großer Kristall, etwa Anthrazen (oder eine Flüssigkeit), so wird er zweckmäßig mit einer das Lumineszenzlicht reflektierenden Aluminiumfolie bedeckt, damit möglichst viel Licht in den P.S.E.V. gelangt. Infolge Totalreflexion wird allerdings ein großer Teil des Lichtes in den Kristall zurückgeworfen. Dies kann dadurch behoben werden, daß der Kristall mit Kanadabalsam auf den P.S.E.V. montiert wird. Mitunter kann der Leuchtstoff nicht direkt am P.S.E.V. angebracht werden. Das Licht muß dann durch einen Lichtleiter aus Plexiglas oder Quarz zum P.S.E.V. geführt oder der Leuchtschirm im Brennpunkt eines Spiegels montiert und das Licht durch eine lichtdichte lange Röhre dem P.S.E.V. zugeleitet werden. Bei dieser Anordnung ist es auch leicht, den P.S.E.V. zu kühlen [*9, 13*]. Mitunter ist es zweckmäßig, „end on" zu beobachten [*129*].

Der wichtigste Teil des Szintillationszählers ist der P.S.E.V. Dieser besteht aus einer Hochvakuumröhre mit einer lichtempfindlichen Photokathode, welche mit einer Alkalikunstschicht bedeckt ist, und einer Reihe weiterer Elektroden, von denen jede eine um einige 100 V höhere positive Spannung hat als die vorangehende. Jedes auf eine Elektrode aufprallende Elektron erzeugt einige Sekundärelektronen. Der RCA-P.S.E.V. vom Typ 931 A hat 10 Stufen und gibt bei einer Spannungsdifferenz von 100 V zwischen benachbarten Elektroden einen Verstärkungsfaktor 4 je Stufe und damit eine Gesamtverstärkung von $4^{10} \approx 10^6$. Durch Spannungserhöhung

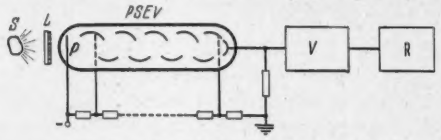


Fig. 1. Anordnung zur Beobachtung von Szintillationen. *S* Strahler; *L* Leuchtstoff; P.S.E.V. Photosekundärelektronenverstärker; *P* Photokathode; *V* Nachverstärker; *R* Registriergerät (Zählwerk, Oszillograph, Telephon, Lautsprecher).

kann man die Verstärkung steigern, doch nimmt dann der Dunkelstrom beträchtliche Werte an. Dieser ist in erster Linie durch die thermische Emission der Photokathode, zum Teil auch noch durch die Emission der ersten Prallelektrode gegeben und schwankt beträchtlich zwischen verschiedenen Röhren ein und des gleichen Typs. Gegebenenfalls kann man aus einer größeren Zahl

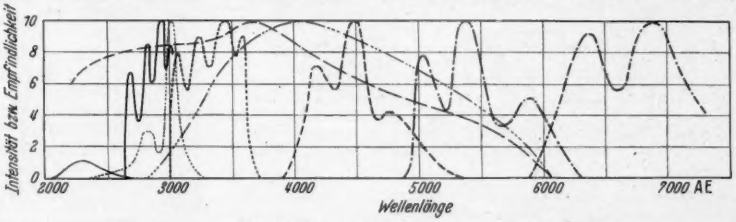


Fig. 2. Zur Anpassung von Leuchtstoff und Nachweisgerät. ——— Spektrum von Benzol (fest); ····· Spektrum von Naphthalin; – – – – – Spektrum von Anthrazen; —·—·— Spektrum von Naphthazen; ·——·——· Spektrum von Pentazen; —···— Empfindlichkeit des P.S.E.V. 1 P 21; ——— Empfindlichkeit des P.S.E.V. 1 P 28; ——— Empfindlichkeit eines gewöhnlichen Zählrohres; ····· Empfindlichkeit eines sensibilisierten Zählrohres. (Die Ordinaten sind nicht vergleichbar.)

von Röhren ein Exemplar mit kleinstem Dunkelstrom aussuchen. SCHAETTI beschreibt P.S.E.V. mit sehr geringem Dunkelstrom und 10^9facher Verstärkung [*139*]. MORTON [*112*] hat 14stufige P.S.E.V. mit einer Verstärkung bis zu 10^{11} benutzt und durch ein einziges Elektron am Eingang Impulshöhen von 40 V am Ausgang erhalten.

Der Verstärkungsfaktor ist nicht für alle von der Photokathode startenden Elektronen konstant. Die Zahl der Sekundärelektronen, die an jeder Elektrode erzeugt werden, schwankt statistisch, so daß der von einem Elektron am Ausgang des P.S.E.V. erzeugte Ladungsimpuls und damit der über der Ausgangskapazität meßbare Spannungsimpuls nicht immer die gleiche Höhe hat [*43, 66*]. Wenn nur ein einziges Photoelektron startet, dann verteilen sich die am Ausgang erhaltenen Impulse über einen großen Bereich. Je mehr Elektronen gleichzeitig von der Photokathode ausgehen, um so mehr wird die Verteilungskurve der Impulse abgeflacht. Sind es mehr als 25 Photoelektronen, dann trägt der P.S.E.V. nur wenig zur statistischen Verteilung der Impulshöhen bei [*34, 137, 138, 143*].

Ist die Szintillation schwach und besteht daher der im P.S.E.V. ausgelöste Impuls nur aus wenigen Photoelektronen, so kann die Dunkelemission der Kathode sehr stören. Bei einem guten P.S.E.V. vom Typ RCA 1 P 28 sind je sec etwa 1000 Dunkelimpulse größer als die mittlere Impulshöhe eines einzigen Photoelektrons, aber nur 2 Dunkelimpulse größer als die Impulshöhe von 8 Photo-

elektronen. Hat man bei einem Szintillationszähler 25 Photoelektronen und schneidet hinter dem P.S.E.V. durch einen Impulshöhenwähler (s. weiter unten) alle Impulse ab, die weniger als 9 Primärelektronen entsprechen, so werden die meisten Lichtblitze gezählt und der Dunkeluntergrund beträgt nur 2 Stöße je Sekunde

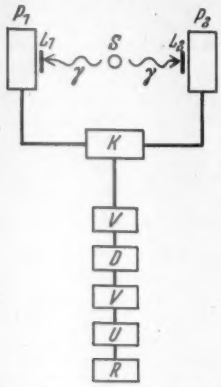


Fig. 3. Koinzidenzanordnung (Prinzip nach K. P. Meyer [*104*]. *S* Strahler; L_1, L_2 Leuchtstoffe; P_1, P_2 Photosekundärelektronenverstärker; *K* Koinzidenzmischstufe; *V* Verstärker; *D* Impulswähler (Diskriminator); *U* Untersetzer; *R* Registriergerät.

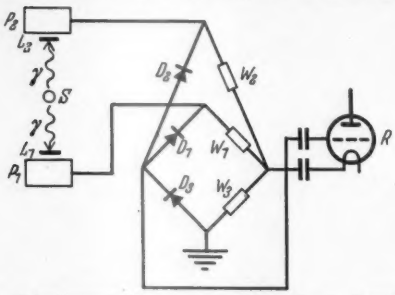


Fig. 4. Koinzidenzschaltung. *S* Strahler; L_1, L_2 Leuchtstoffe; P_1, P_2 Photosekundärelektronenverstärker; W_1, W_2, W_3 Widerstände der Brücke; D_1, D_2, D_3 Gleichrichter der Brücke; *R* Nachverstärkerröhre.

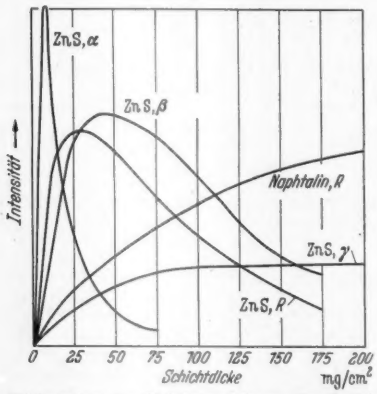


Fig. 5. Abhängigkeit der Lichtintensität von der Schichtdicke (in mg/cm²) bei Anregung von Zinksulfid und Naphthalin durch α-Teilchen (α), schnelle Elektronen (β), (γ) und Röntgenstrahlen (*R*) nach Broser und Kallmann [*16*].

[*110*]. Der Untergrund kann durch Kühlung der Röhre oder dadurch verringert werden, daß mit einer Koinzidenzanordnung ähnlich Fig. 3 und 4 gleichzeitig 2 P.S.E.V. durch das vom Leuchtschirm ausgehende Licht erregt und nur diejenigen Impulse gemessen werden, die koinzidieren. Am besten wäre die Verwendung von P.S.E.V. mit Kathoden, die nur für kurzwelliges Licht empfindlich sind und naturgemäß einen viel kleineren Dunkelstrom haben [*108*]. Auch die Frage, ob und in welchem Spannungsbereich des P.S.E.V. die registrierte Impulszahl konstant ist — wie im Konstanzbereich des Auslösezählrohrs — wurde untersucht [*89a, 102, 135*].

Die spektrale Empfindlichkeit des P.S.E.V. muß der Leuchtsubstanz angepaßt sein. Unterschiedliche Angaben über Empfindlichkeiten von Leuchtstoffen in der Literatur sind wohl häufig durch Nichtbeachtung der spektralen Anpassung zu erklären. Fig. 2 zeigt die Güte der Anpassung der am meisten bei Szintillationsbeobachtungen benutzten P.S.E.V. an einige gebräuchliche Leuchtstoffe. Rot- und ultrarotempfindliche P.S.E.V. sind wegen ihrer hohen Dunkelstoßzahl für Szintillationsbeobachtungen ungünstig. Die am häufigsten benutzten P.S.E.V. vom Typ RCA 1 P 21 und 1 P 28 schneiden im Gelbroten ab. Günstiger dürften P.S.E.V. mit einer noch mehr nach kurzen Wellen verschobenen Empfindlichkeit in Kombination mit im Violetten oder nahen Ultravioletten emittierenden Leuchtstoffen sein.

Der P.S.E.V. hat ein sehr hohes Auflösungsvermögen [*3, 4, 101, 121*]. Die am Ausgang des P.S.E.V. erhaltenen Impulse reichen aber nicht aus, um einen Oszillographen [*89*] oder ein Zählwerk zu betätigen. Man muß vielmehr nachverstärken. Um das hohe Auflösungsvermögen des Leuchtschirmes und des P.S.E.V. ausnutzen zu können, wird ein guter Breitbandverstärker zur Nachverstärkung benötigt. Zur Messung der Energieverteilung der Lichtblitze gibt man die Ausgangsimpulse auf einen Impulshöhenwähler (*D* in Fig. 3), welcher alle Impulse kleiner als einen wählbaren Minimumimpuls abschneidet (Diskriminator [*38, 44, 153*]). Als Impulshöhenwähler kann etwa ein Thyratron mit einstellbarer Gittervorspannung dienen. Man nimmt die Zahl der Stöße in Abhängigkeit von der Gittervorspannung auf und erhält durch Differentiation die Verteilung der Impulshöhen [*15, 16, 44, 67, 70, 147*].

Bei Szintillationsmessungen muß auf richtige Anpassung des Nachverstärkers an den Leuchtstoff geachtet werden. Die Bandbreite darf nicht zu klein sein, da sonst die durch die Abklingzeit des Leuchtstoffes gegebenen Impulse verbreitert und geschwächt werden. Andererseits ist es auch unzweckmäßig, die Bandbreite zu groß zu wählen, weil dann für die Wiedergabe der Signalimpulse nichts gewonnen, aber der Störpegel vergrößert wird.

Der Szintillationszähler ist wegen seines hohen Auflösungsvermögens das ideale Instrument für Koinzidenzmessungen. Natürlich muß dabei darauf geachtet werden, daß das hohe Auflösungsvermögen des Leuchtschirmes und des P.S.E.V. nicht nachträglich durch eine zu tiefe Frequenzgrenze des Nachverstärkers illusorisch gemacht wird. Es ist jedoch schwierig, Verstärker mit genügend breitem Band zu bauen, und ihre Verstärkung je Stufe ist sehr klein, so daß eine große Zahl von Stufen hintereinander geschaltet werden müssen. Daher ist es günstig, die Koinzidenzstufe möglichst direkt hinter dem Ausgang des P.S.E.V. einzuschalten und dann erst weiter zu verstärken (Prinzipanordnung s. Fig. 3). Verschiedene solcher Koinzidenzschaltungen sind in der Literatur angegeben worden [*3, 38, 45, 65, 81, 104, 111, 116, 144*]. Meyer, Huber und Baldinger [*104*] benutzen eine Brückenschaltung. Die von den beiden P.S.E.V. kommenden Impulse werden auf den gemeinsamen Zweig zweier teils aus Widerständen, teils aus Germanium-Gleichrichtern mit identischen Charakteristiken bestehenden Brücken gegeben (Fig. 4). Treten gleichzeitig in beiden P.S.E.V. Impulse auf, so ist das Brückengleichgewicht gestört. Der über den beiden Brücken gemeinsamen Gleichrichter erhaltene Spannungsstoß wird in einem normalen Verstärker weiter verstärkt.

3. *Leuchtstoffe.*

Die Lichtausbeute der verschiedenen Leuchtstoffe bei Anregung durch die verschiedenen Strahlen- und Korpuskelarten kann auf zweierlei Weise untersucht werden. Entweder wird direkt Zahl und Höhe der Impulse im Szintillationszähler oder — bei genügend starker kontinuierlicher Bestrahlung des Leuchtstoffs — der mittlere Strom am Ausgang des P.S.E.V. [*16, 17*] gemessen.

Die Fig. 5 zeigt, wie sich die Helligkeit des Lumineszenzlichtes mit der Schichtdicke der Leuchtsubstanz

Tabelle 1.

	λ in Å	Energieausbeute bei			Energieaufwand je Photon in eV		Durchlässigkeit in mg/cm²
		α-Teilchen	γ-Strahlen	weichen Röntgenstrahlen	α-Teilchen	γ(β)-Strahlen	
ZnS—Ag	4500	0,28	0,14	0,20	10	20	80
ZnS—Cu	5200	0,25	0,22	0,30	9,6	10,5	200
CdS—Ag	7600	0,23			7,5	10	sehr gut
Zn_2SiO_4—Mn	5250	0,035	0,11	0,08	70	21	100
ZnO	5500	0,020			110		
CdB_4O_7	6200	0,018			103		
$CaWO_4$	4300	0,17	0,08	0,04	160	34	100
$MgWO_4$	4900	0,17			145		100
KBrTl	3600	0,017	0,07		200	49	vollkommen durchlässig
Diphenyl	3850	0,010	0,075	0,025	320	40	
Phenanthren	4500	0,006	0,11		480	25	
Naphthalin	3850	0,003	0,05	0,008	960	64	1 g/cm²

ändert. Zunächst steigt die beobachtbare Intensität mit der Schichtdicke linear an, entsprechend der wachsenden Absorption der primären Quanten oder Korpuskeln und der damit erzeugten Zahl von Lichtquanten. Mit wachsender Schichtdicke macht sich die Absorption der primären Strahlung und des Lichtes bemerkbar. Die beobachtbare Lichtintensitätskurve flacht sich ab, erreicht ein Maximum und sinkt dann wieder ab. Die günstigste Schichtdicke ist für α-Strahlen wegen der starken Absorption sehr klein, für β-Strahlen ist sie größer und für γ-Strahlen beträgt sie noch mehr. Sie ist bei organischen Leuchtstoffen wie Anthrazen und Naphthalin wegen ihrer guten Durchlässigkeit für Licht größer als etwa bei dem stark absorbierenden Zinksulfid. Praktisch alle bekannten Leuchtstoffe sind auf ihre Szintillationsfähigkeiten gegenüber Stoß von Partikeln oder Quanten untersucht worden. Für ihre Auswahl entscheiden verschiedene Gesichtspunkte. Die Lichtausbeute soll gut sein. Das Spektrum des emittierten Lichtes soll mit dem spektralen Empfindlichkeitsmaximum des P.S.E.V. zusammenfallen. In vielen Fällen wird ein Leuchtstoff mit kleiner Abklingzeit gewünscht. Für schwere Korpuskeln sind andere Leuchtstoffe günstig als für β- und γ-Strahlen.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über einen Teil der untersuchten Leuchtstoffe. In Spalte 1 ist der Leuchtstoff angegeben, in Spalte 2 das Maximum des emittierten Spektrums. Hierzu ist zu sagen, daß sich das Spektrum in der Regel über einen großen Bereich erstreckt und, wenigstens bei den organischen Leuchtstoffen, aus verschiedenen Banden besteht. In Spalte 3, 4 und 5 ist die absolute Lichtausbeute, das ist der Bruchteil der von der erregenden Strahlung an den fluoreszierenden Körper abgegebenen und in Licht umgewandelten Energie für Anregung durch α-, γ- und weiche Röntgenstrahlen angegeben. Die Ausbeute durch β-Strahlen entspricht der Ausbeute durch γ-Strahlen. In Spalte 6 und 7 ist der Energieaufwand für ein Lichtquant und in Spalte 8 die Durchlässigkeit angegeben.

Einer der großen Vorteile des Szintillationszählers ist die kurze Abklingzeit mancher Leuchtstoffe. Trotzdem es schon viele Messungen von Abklingzeiten gibt, kann man sich heute noch kein Bild, geschweige denn ein System machen. Dazu sind die Messungen doch noch nicht zahlreich und genau genug. Überdies hängt die Abklingzeit stark von mancherlei Faktoren wie Temperatur, Art und Energie der erregenden Teilchen und Verunreinigungen des Leuchtstoffes ab. Bei den meisten Leuchtstoffen nimmt man an, daß der Abfall des Lumineszenzlichtes exponentiell erfolgt, ohne daß dies experimentell bewiesen ist. Ein schnelles Abklingleuchten (vermutlich das Momentanleuchten), dem ein langsamer Abfall (vermutlich die Phosphoreszenz) folgt, wurde in Anthrazen bei Anregung mit schnellen Protonen beobachtet. Da die Kenntnis der Abklingzeiten der organischen Leuchtstoffe für die Szintillationsmeßmethode sehr wichtig ist, sind in jüngster Zeit von verschiedener Seite Messungen ausgeführt worden [*18, 23, 36, 86, 93, 95, 119, 128, 140*]. Die Meßwerte schwanken teilweise um einen Faktor 2 oder 3. Vielleicht liegt das weniger an den Meßmethoden als an mangelnder Reinheit der Substanzen. Die Abklingzeit nimmt mit sinkender Temperatur ab (Fig. 6) [*35, 83, 86*].

Wir wollen jetzt die verschiedenen Leuchtstoffarten hinsichtlich ihrer Eignung für Szintillationszähler durchsprechen.

Kristallphosphore. Die bekanntesten sind die Leuchtstoffe vom Zinksulfidtyp aktiviert mit Kupfer, Silber

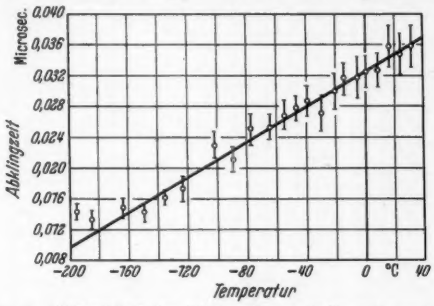


Fig. 6. Abhängigkeit der Abklingzeit von Anthrazen von der Temperatur nach KELLEY und GOODRICH [*83*].

u. ä. Diese Leuchtstoffe sind günstig für den Nachweis schwerer Teilchen wie Protonen, α-Teilchen und der Spaltbruchstücke von Uran. Alle schweren Teilchen haben eine kleine Reichweite und erzeugen daher eine

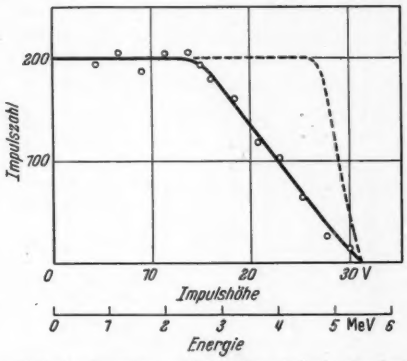


Fig. 7. Zahl der Impulse, welche größer sind als eine bestimmte Impulshöhe, für α-Teilchen in CdS. ——— gemessene Kurve, - - - - korrigiert nach KALLMANN [*75*].

sehr hohe Anregungsdichte. Man braucht nur dünne Schichten. In dicken Schichten sind diese Leuchtstoffe lichtundurchlässig, daher sind sie für den Nachweis von β- und γ-Strahlen nicht geeignet. Ihre Abklingzeit ist verhältnismäßig groß.

Die von α-Teilchen in einem nach der Methode von FRERICHS hergestellten rot fluoreszierenden CdS-Kristall erregte Lichtintensität ist streng proportional der Energie der Teilchen [*15, 75, 76*]. Die Impulshöhenverteilung der mit einem P.S.E.V. gemessenen Lichtblitze (Fig. 7)

gibt nach Differentiation ein scharfes Maximum entsprechend der homogenen Energie der α-Teilchen. Der Energieaufwand für die Erzeugung eines Lichtquants durch ein α-Teilchen in CdS beträgt für sehr gute Kristalle nur 7,7 eV. Mit einem ZnS-Leuchtstoff, einem P.S.E.V.

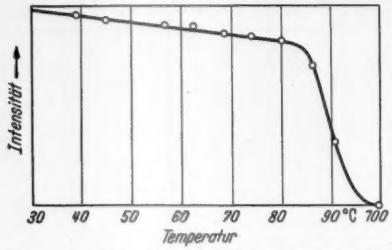


Fig. 8. Temperaturabhängigkeit der Lichtausbeute bei Naphthalin nach SCHNEIDER [*140b*].

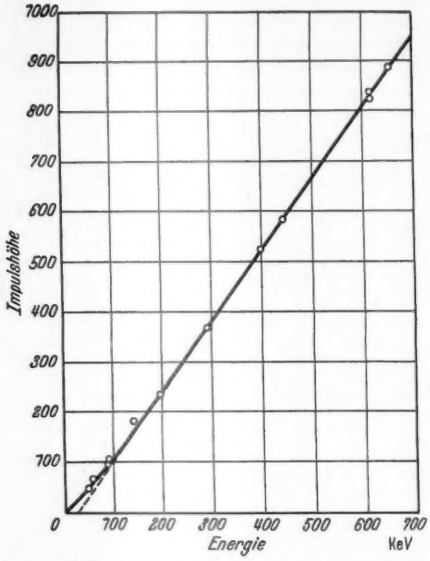


Fig. 9. Impulshöhe bei der Anregung von Anthrazen durch Elektronen in Abhängigkeit von ihrer Energie nach HOPKINS [*66*].

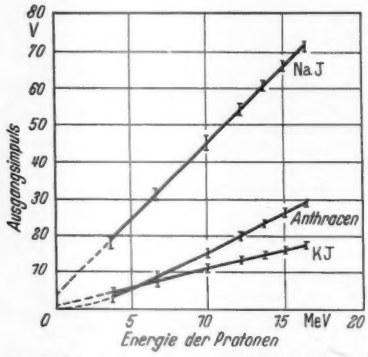


Fig. 10. Impulshöhe bei der Anregung durch Protonen in Abhängigkeit von ihrer Energie nach FRANZEN, PEELE und SHERR [*40*].

vom Typ RCA 931 A und 10000- bis 100000facher Nachverstärkung lassen sich langsame Protonen bis herunter zu 10 keV Bewegungsenergie zählen [*127a, 152*]. Natürlich lassen sich auch schwere Kerne genügend großer Energie (z.B. Spaltungsbruchstücke) mit der Szintillationsmethode nachweisen [*75, 77*]. Die Lichtblitze, welche durch die energiereichen Uranspaltprodukte erzeugt werden, sind wesentlich größer als die Lichtblitze der α-Teilchen des Urans und können daher von diesen leicht unterschieden werden. Die Lichtanregung im Zinksulfid erfolgt durch die Spaltungsbruchstücke mit einer etwa 7mal schlechteren Energieausbeute als durch α-Teilchen. Der Nachweis der Kernspaltungsbruchstücke kann in Anwesenheit starker γ-Strahlquellen erfolgen.

Organische Leuchtstoffe. Eine Menge organischer Leuchtstoffe sind auf ihre Eignung als Leuchtstoffe für Szintillationszähler untersucht worden, vor allem Naphthalin, Anthrazen, Phenanthren, 1,2-Diphenyläthan, 1,2-Diphenyläthylen (Stilben) und Diphenylazetylen (Tolan) [*44, 47, 62, 66, 74, 118, 126, 136, 142, 149*]. Die Lichtausbeute ist zwar bei organischen Leuchtstoffen ungünstiger als bei ZnS, aber ihre Durchlässigkeit gegenüber der Lumineszenzstrahlung ist um Größenordnungen höher. Man kann große durchsichtige Kristalle aus organischen Leuchtstoffen wie Anthrazen herstellen und daher große Schichtdicken ausnutzen [*5, 39, 51, 69, 76*]. Deshalb eignen sich die organischen Leuchtstoffe sehr gut für die Zählung von β-Teilchen und γ-Strahlen (Röntgenstrahlen [*147*]). Die Abklingzeit ist bei organischen Leuchtstoffen sehr günstig, bei Anthrazen beträgt sie $3 \cdot 10^{-8}$ sec, bei Stilben $1 \cdot 10^{-8}$ sec. Genauere Angaben haben wenig Sinn, solange die Werte in der Literatur noch stark schwanken [*23, 36, 86, 93, 95, 119, 128, 140*]. Molekeln mit zahlreichen konjugierten Doppelbindungen zeigen eine sehr gute Lichtausbeute bei kontinuierlicher Bestrahlung und geben intensive Szintillationen und damit hohe Impulse am Ausgang des Verstärkers. Sehr günstig ist Stilben; noch wesentlich besser soll Tolan sein [*85*].

Wichtig ist die Reinheit der organischen Leuchtstoffe. Bei Bestrahlung mit ultraviolettem Licht fluoresziert reines Anthrazen blau. Durch Spuren von Naphthazen verwandelt sich das Spektrum des Anthrazens in das im Grünen liegende Spektrum des Naphthazens. Entsprechendes gilt für viele organische Leuchtstoffe. Mischt man zu einem organischen Stoff als Grundsubstanz einen geeigneten anderen organischen Stoff, etwa Naphthazen zu Anthrazen oder Anthrazen zu Naphthalin in geringer Menge, so wird bei Bestrahlung mit kurzwelligem Licht oder β- oder γ-Strahlen zunächst den Molekeln der Grundsubstanz Energie übertragen; die Anregungsenergie wandert dann durch den Leuchtstoff an die Stelle, wo die Beimengung sitzt, welche dann die Energie spektral verschoben ausstrahlt.

Organische Kristalle und Kristallpulver zeigen verschiedene Wirksamkeit. Die Fluoreszenz des festen Naphthalins nimmt bei etwa 40° ab und geht in der Nähe des Schmelzpunktes (80°) auf einen kleinen Bruchteil zurück (Fig. 8) [*57, 140b*]. Die Fluoreszenzintensität des wieder erstarrten Naphthalins ist kleiner als die Fluoreszenzintensität des sublimierten oder zermörserten Naphthalins. Ähnliches gilt für andere organische Substanzen. Die Lichtausbeute bei Anregung der organischen Leuchtstoffe durch α-Teilchen ist kleiner als bei Anregung durch β-Teilchen. Die Abhängigkeit der Impulshöhe von der Bewegungsenergie bei Anregung durch Elektronen und Protonen zeigen Fig. 9 und 10. Man kann mit organischen Kristallen noch langsame β-Teilchen bis unter 10 keV nachweisen. Sehr günstig ist die geringe Abklingzeit. Wichtig für Szintillationszähler sind gute, große und durchsichtige Kristalle, welche durch Schmelzen von vorher gereinigtem Anthrazen und Naphthalin in einer Stickstoffatmosphäre und langsamer Abkühlung hergestellt werden. Man kann Kristalle von $4 \times 5 \times 1$ cm³ erhalten [*5, 39, 86*].

Halogenide. Mit der Szintillationsfähigkeit der Alkalihalogenide hat sich am eingehendsten HOFSTADTER [*59, 60*, s. auch *41, 146*] beschäftigt. Mit Tl aktiviertes KJ läßt sich zwar zur Zählung von γ-Quanten verwenden, aber es gibt verhältnismäßig kleine Stöße, auch stört die β-Radioaktivität. Aus diesem Grunde wurde NaJ eingehend untersucht. Am besten ist NaJ mit 1% TlJ-Zusatz. Leider ist NaJ hygroskopisch. Die Abklingzeit ist verhältnismäßig groß. Das Spektrum liegt bei Erregung mit γ-Strahlen zwischen 3000 und 4900 Å mit einem Maximum bei etwa 4100 Å. Bei polykristallinem NaJ (Tl) ist die Ansprechwahrscheinlichkeit auf γ-Strahlen nur etwa 17%, bei Einkristallen 93%. Bei polykristallinem Material ist die Verteilung der Impulshöhen wenig günstig. Einzelkristalle zeigen hingegen

definierte Maxima in der Impulshöhenverteilung und ermöglichen daher eine bessere Bestimmung der Energie der die Szintillationen auslösenden Strahlung. Fig. 10 zeigt, daß die Impulshöhe bei KJ bei Anregung durch Protonen ziemlich gut proportional der Bewegungsenergie der Teilchen ist. Intensität und Abklingzeit der Szintillationen der Alkalihalogenide sind temperaturabhängig [*37*]. Auch natürlicher und synthetischer Flußspat ist ein guter Leuchtstoff für β- und γ-Strahlen [*71, 109, 125*]. Die Abklingzeit ist bis 100° unabhängig von der Temperatur $1{,}5 \cdot 10^{-7}$ sec [*71*], gemessen bei Erregung durch β-Strahlen.

Wolframate und andere anorganische Kristalle. Als sehr gut gegenüber β- und γ-Strahlen erwiesen sich $CaWO_4$ (Scheelit), Al_2O_3 (synthetischer Saphir) und $LiAlSi_2O_6$ [*109, 125*]. $CaWO_4$ war bei weitem am besten. Er hat große Dichte (6 g/cm³), enthält das schwere Wolfram und fluoresziert ausgezeichnet ohne starke Phosphoreszenz. Auf gleiche Flächen bezogen ist der $CaWO_4$-Szintillationszähler 125mal empfindlicher als das GEIGER-MÜLLER-Zählrohr. Die Zählempfindlichkeit gegenüber γ-Strahlen beträgt nahezu 100%. $CaWO_4$ läßt sich in Kristallen bis zu $5 \times 5 \times 5$ mm³ herstellen [*94, 156*]. Die Impulshöhe bei Erregung von $CaWO_4$-Kristallen durch α-Teilchen einer bestimmten Energie ist ziemlich gleichmäßig, so daß mit solchen Szintillationszählern die Energie der Partikel gemessen werden kann [*44*]. Günstig für den Nachweis von Röntgen-, γ- und β-Strahlen sind auch Kristalle aus $CdWO_4$, welche synthetisch in Form von Stäben von etwa 3 mm Durchmesser und bis zu 5 cm Länge hergestellt werden können [*46*]. Es wurde vorgeschlagen, Al_2O_3 als durchsichtiges Material für Fenster im P.S.E.V. zu verwenden und gleichzeitig seine Szintillationsfähigkeit auszunutzen [*109*].

4. *Szintillationen in Flüssigkeiten.*

Große klare Kristalle aus fluoreszenzfähigem Material herzustellen, ist schwierig, häufig unmöglich. Bei Strahlen mit geringer Absorption, γ-Strahlen, Neutronen, Mesonen, ist die Nachweisempfindlichkeit begrenzt, wenn man nicht genügend große Kristalle verwendet. Daher hat man mit Erfolg fluoreszenzfähige Flüssigkeiten als Leuchtsubstanzen für Szintillationszähler verwandt [*1, 79, 80, 120, 131, 140b*]. Man kann bei Flüssigkeiten sehr große Volumina ausnutzen. Allerdings ist die Lumineszenzausbeute in den besten Flüssigkeiten kleiner als in guten Kristallen. Die spektrale Lage der Lumineszenz ist bei Flüssigkeiten und Festkörpern nicht sehr verschieden [*55*].

Reine Flüssigkeiten geben sehr schwache Lumineszenzen (Tabelle 2). Zum Beispiel beträgt die Lumineszenz von Xylol bei Anregung durch γ-Strahlen nur etwa 1% derjenigen eines gleich großen Anthrazenkristalls und ist ziemlich sicher überhaupt nicht die Lumineszenz des reinen Xylols, sondern irgendeiner Verunreinigung. Allerdings muß man damit rechnen, daß durch Beimengungen die Fluoreszenz der reinen Flüssigkeit auch verringert werden kann, wie dies bei Anilin durch geringe Mengen von Anthrazen der Fall zu sein scheint.

Setzt man „reinen" Flüssigkeiten wie Xylol eine kleine Menge einer anderen darin löslichen Substanz (Festkörper oder Flüssigkeit) wie Anthrazen zu, so steigt die Lumineszenzausbeute an, zuerst linear mit der Konzentration, und erreicht schon bei relativ kleinen Konzentrationen einen Sättigungswert oder ein Maximum (Fig. 11). Der Abfall bei höherer Konzentration ist durch Auslöschungseffekte bedingt. Besonders günstig ist Terphenyl in Xylol (Tabelle 2). Bei manchen Stoffen liegt die maximale Konzentration zwischen 1 und 5 g/Liter, bei anderen erst bei 30 g/Liter. Die niedrigen Konzentrationen entsprechen etwa 1 Lumineszenzmolekel auf 1000 Lösungsmolekeln. Dies bedeutet, daß nur ein Tausendstel der Gesamtenergie in der Lumineszenzmolekel selbst absorbiert wird. Die Lumineszenzintensität ist aber viel höher, als diesem Energieanteil entspricht. Also muß auch in der Flüssigkeit eine Energiewanderung von

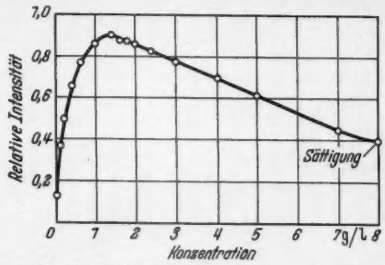


Fig. 11. Abhängigkeit der Leuchtintensität von der Konzentration an Anthrazen in Xylol nach KALLMANN und FURST [*80*].

den Molekeln des Lösungsmittels zur Lumineszenzmolekel, also etwa vom Xylol zum Anthrazen stattfinden, ähnlich wie in einem mit Anthrazen verunreinigten Naphthalinkristall vom Naphthalin zu Anthrazen. Durch Lösen eines zweiten Leuchtstoffs, z. B. Anthrazen

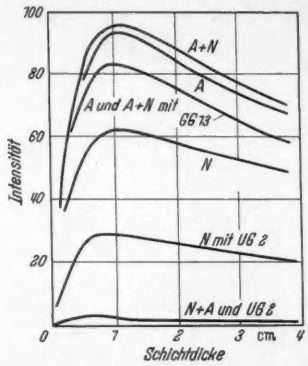


Fig. 12. Lichtausbeute in Lösungen mit zwei Leuchtstoffen nach H. SCHNEIDER [*140b*]. (Filter GG 13 nur durchlässig für Anthrazenspektrum. Filter UG 2 nur durchlässig für Naphthalinspektrum.)

und Naphthalin in Xylol, wird die Lumineszenzausbeute nur ein wenig vergrößert (Fig. 12). In anderen Fällen tritt sogar Löschung auf.

Die Leuchtdauer von Lösungen ist noch kleiner als die der Festkörper. Dies ist eine wichtige Feststellung. Denn wie weiter unten gezeigt wird, ist der Szintillationszähler hauptsächlich wegen seines großen Auflösungsvermögens beliebt. Das Auflösungsvermögen ist zunächst nur durch die Leuchtdauer des Leuchtstoffes begrenzt. Heute wird als Leuchtstoff höchsten Auflösungsvermögens Stilben benutzt. Vielleicht wird man später entweder organische Festkörper bei tiefen Temperaturen verwenden oder Flüssigkeiten, bei welchen die Leuchtdauer durch Erhöhung der Konzentration oder Killer noch herabgesetzt werden kann, allerdings auf Kosten der Leuchtintensität.

Man kann auch die Lumineszenzsubstanz in eine feste Lösung bringen und erhält so sehr günstige nichtkristalline feste Leuchtsubstanzen. Zum Beispiel lassen sich große klare Polystyrenkörper mit 2% Terphenyl herstellen, deren Zählausbeute für γ-Strahlen vergleichbar ist mit der klarer Stilbenkristalle. Die Impulse haben eine Dauer von weniger als 0,05 µsec und eine etwas kleinere Höhe als die von Stilben. Es ist zu vermuten, daß die in Plexiglas und Quarz auftretenden

Tabelle 2. *Lichtintensität von Flüssigkeiten bei Anregung durch γ-Strahlen* [*80*].

Flüssigkeit (Konzentration maximal)	Lichtintensität, verglichen mit derjenigen bei einem Anthrazenkristall gleicher Masse
Benzol	0,009—0,012
m-Xylol	0,012
Anthrazen (1 g/Liter) in Benzol	0,066
Anthrazen (1 g/Liter) in Xylol	0,072
α-Naphthylamin (2 g/Liter) in Xylol	0,22
Terphenyl (4,5 g/Liter) in Benzol	0,28
Terphenyl (5 g/Liter) in m-Xylol	0,46

schwachen Impulse auf ähnliche Weise durch Verunreinigungen zustande kommen [*141*].

Szintillationen in Gasen sind natürlich wegen der geringen Dichte der Molekeln sehr schwach.

5. Nachweis der verschiedenen Strahlen und Korpuskeln.

Mit dem Szintillationsverstärker direkt nachweisbar sind alle geladenen Partikeln von genügend großer Bewegungsenergie, indirekt energiereiche Quanten über die von ihnen erzeugten Photo-, COMPTON- oder Paarbildungselektronen, schnelle Neutronen über den Kernrückstoß und langsame Neutronen durch von ihnen ausgelöste Kernumwandlungen.

Für schwere Korpuskeln (Protonen und schwerere Kerne) geben Kristallphosphore wie aktiviertes Zinksulfid die besten Szintillationen [*12, 20, 40, 48, 77, 132,*

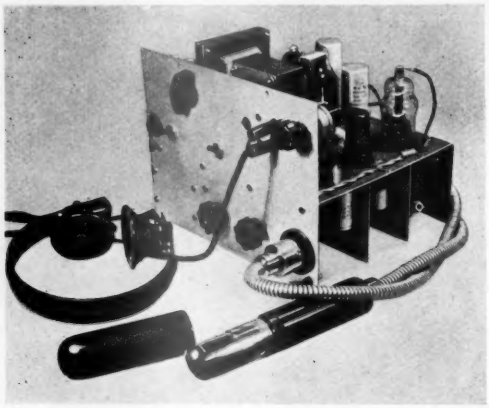


Fig. 13. Szintillations-Strahlensuchgerät nach HANLE und SCHNEIDER [*53*].

145, 151, 152], für β- und γ-Strahlen organische Leuchtstoffe [*66, 126, 142, 149*], Halogenide [*68, 102, 124*] und Wolframate [*94*]. Nicht nur α- und β-Teilchen, auch γ-Strahlen können in genügend großen Kristallen mit 100%iger Ausbeute gezählt werden.

Schnelle Neutronen können mit dem Szintillationszähler durch Protonenrückstoß in Anthrazen und Naphthalin nachgewiesen werden [*42, 88, 113, 154*]. In großen klaren Kristallen von $4 \times 5 \times 1$ cm³ Volumen beträgt die Ausbeute 10%. Langsame Neutronen läßt man einen (n, α)- oder (n, γ)-Prozeß auslösen. So erzeugen langsame Neutronen in LiF zunächst durch Kernumwandlung in ^{6}Li α-Teilchen und diese Szintillationen. Allerdings sind die Impulse so klein, daß der P.S.E.V. gekühlt werden muß [*38a, 154*].

Da der Szintillationszähler bei Verwendung von großen durchsichtigen Kristallen oder größeren Flüssigkeitsmengen ein großes Zählvolumen zu benutzen erlaubt, eignet er sich gut für Höhenstrahlmessungen. Als besonders günstig haben sich Anthrazenkristalle und Terphenyl in Xylol mit 40% Mineralöl erwiesen [*106*].

Neuerdings wurde der Szintillationszähler mit Erfolg zum Nachweis der künstlichen Erzeugung von Mesonen durch schnelle Teilchen und Photonen hoher Energie benutzt [*19, 21, 87, 148*]. Kommt ein positives π-Meson zur Ruhe, so zerfällt es sehr schnell in ein μ-Meson und dieses in ein Elektron. Vermittels Koinzidenzuntersuchungen der von Meson und Elektron in hintereinander gestellten Anthrazenkristallen erzeugten Lichtblitze läßt sich die Zerfallszeit der μ-Mesonen zu $2{,}1 \cdot 10^{-6}$ sec bestimmen.

6. Szintillationen mit Lichtzählrohr.

Eine weitere Entwicklung des Szintillationszählers bahnt sich an durch Kombination von Leuchtstoffen mit Lichtzählrohren. Einzelne auf die Kathode fallende Lichtquanten können im Zählrohr Stöße auslösen. RAJEWSKY [*124a*] benutzte Zählrohre mit Quarzfenstern für ultraviolette Einstrahlung und Kathoden aus Cd, Al, Ni usw. für U.V. im Gebiet zwischen 2000 und 3000 Å. LOCHER [*94a*] und CHRISTOPH [*22*] konstruierten Alkalizählrohre, welche jedoch inkonstant sind und zu Selbsterregung neigen. NEUERT [*115*] benutzte Magnesiumkathoden, deren Grenzwellenlänge sich durch Sensibilisierung in einer Wasserstoffentladung nach dem Langwelligen verschieben läßt, die jedoch ebenfalls inkonstant sind. SCHERB [*139a*] sensibilisierte Zählrohre, die zunächst nur im fernen U.V. empfindlich sind, dadurch, daß er sie mit einer Mischung von Edelgas und organischen Dämpfen wie Butan füllte und durch Kühlung mit flüssiger Luft aktivierte. Dadurch bildet sich vermutlich eine Schicht von organischen Molekeln auf der Kathode, die auch nach Wegnehmen der flüssigen Luft und nach längerem Betrieb bleibt. In Fig. 2 zeigt die dünne ausgezogene Kurve die Empfindlichkeit des normalen Zählrohres, die dünne punktierte Kurve die Erhöhung der Empfindlichkeit nach der Sensibilisierung um mehr als eine Größenordnung und die Verschiebung nach langen Wellen.

Man kann nun den Leuchtstoff des Szintillationszählers mit einem Lichtzählrohr kombinieren. Im Leuchtstoff wird durch α-, β- oder γ-Strahlung ein Lichtblitz ausgelöst, von welchem einige Quanten auf die Kathode eines Zählrohres gelangen und dort einen Impuls auslösen. Allerdings ist es bis jetzt nur gelungen, im Auslösebereich, nicht im Proportionalbereich der Zählrohre zu arbeiten.

Die nach der Methode von SCHERB [*139a*] sensibilisierten Zählrohre sind bis 3500 Å empfindlich mit einem scharfen Maximum bei 3000 Å, während die meisten Leuchtstoffe erst bei größerer Wellenlänge strahlen. Daher erhält man mit diesen keine Impulse in den Zählrohren. MANDEVILLE [*96, 97, 98, 99*] entwickelte mit Silber aktivierte Natriumchloridkristalle, welche bei Strahlung mit α-, β-Teilchen oder γ-Strahlen eine kurz dauernde ultraviolette Szintillation geben, auf welche die SCHERBschen Zählrohre ansprechen. Von den organischen Leuchtstoffen wird man nur solche verwenden können, die im U.V.-Gebiet lumineszieren wie festes Benzol.

7. Anwendungen.

Im Gegensatz zu einem Zählrohr braucht der Leuchtstoff des Szintillationszählers nur eine sehr geringe Ausdehnung zu besitzen. Dies ist von Vorteil, wenn man einen sehr feinen Strahl von Teilchen oder Quanten ausmessen will. So wurde ein auf einem 3 m langen Stab aus Plexiglas montierter Anthrazenkristall zur Lokalisierung des aus einem Zyklotron austretenden Strahls benutzt. Auch beim Massenspektrometer dürfte die Szintillationsmethode zur empfindlichen Messung der Ionenströme nützlich sein.

Der Szintillationszähler eignet sich als Suchgerät für Strahlung radioaktiver Stoffe [*48, 54, 82*]. Fig. 13 zeigt ein Suchgerät für α-Strahler [*54*]. Durch Verwendung eines Lichtleiters läßt sich der Leuchtstoff in größerer Entfernung vom Szintillationszähler anbringen. REIFFEL und BURGWALD [*130*] haben ein Instrument zur Messung der Dosis von β- und γ-Strahlern auf Grund des Szintillationszählers entwickelt. Sie benutzten einen Anthrazenkristall in Verbindung mit einem P.S.E.V. vom Typ 931 A. Die am Ausgang erhaltenen Impulse wurden aufsummiert und das Integral auf einer Skala angezeigt, welche Strahlungsintensitäten im Bereich 1 Mikroröntgen je Std bis 100 Röntgen je Std abzulesen erlaubt. Vorteile dieser Methode der Dosismessung sind: Großer Meßbereich, kleine Dimension, große Stabilität und leichte Beweglichkeit der Apparatur. Erwähnt sei noch, daß sich der Szintillationszähler auch für Beobachtungen in Hochdruckapparaturen eignet, wo direkte elektrische Meßmethoden versagen [*150*].

Wegen seiner hohen Empfindlichkeit für γ-Strahlen und wegen seines hohen Auflösungsvermögens ist der Szintillationszähler besonders geeignet für Untersuchungen von γ-Strahlen [z. B. *122*] und schnell verlaufender Vorgänge in der Kernphysik [*64*], z. B. sehr kurzer Abklingzeiten radioaktiver Substanzen. Mit 2 Szintillationszählern wurde die mittlere Zahl der beim Neutroneneinfang erzeugten γ-Strahlen gemessen [*114*].

Da in vielen Fällen die Impulse nahezu proportional der Energie der Teilchen bzw. Quanten sind, kann der Szintillationszähler zur Messung der Energie von β- und γ-Strahlen benutzt werden. Bei dem von JORDAN und

BELL [74] entwickelten Szintillationsspektrometer erzeugen die von einem β- oder γ-Strahl in einem Anthrazenkristall erzeugten Lichtblitze in einem P.S.E.V. Spannungsimpulse, welche zunächst weiter verstärkt und dann auf einen Impulshöhenwähler gegeben und mit einem Zählwerk registriert werden. Wegen der Breite der Impulshöhenverteilung ist das Szintillationsspektrometer weniger genau als das β-Strahlspektrometer mit magnetischer Trennung, aber es ist 1000mal empfindlicher und daher für die Messung der Energieverteilung schwacher Strahler geeignet. Das hohe Auflösungsvermögen des Szintillationszählers kann benutzt werden, um mit einem Doppelkoinzidenzspektrometer Energieuntersuchungen bei gleichzeitiger Emission von β- und γ-Strahlen auszuführen.

Eine andere Methode der γ-Strahl-Spektroskopie haben R. HOFSTADTER und I. MCINTYRE [63, 73] entwickelt. In einem mit Thallium aktivierten NaJ-Kristall können γ-Strahlen Elektronen durch Photoeffekt, COMPTON-Effekt und Paarbildung erzeugen. Die Photo- und Paarelektronen haben bei monochromatischer γ-Strahlung eine bestimmte Energie. Die Impulshöhenverteilung eines P.S.E.V., mit welchem die von monochromatischen γ-Strahlen in einem solchen Kristall erzeugten Lichtblitze registriert werden, zeigt zwei scharfe Maxima für die Photoelektronen und Paarelektronen und mitunter noch ein Maximum für die COMPTON-Elektronen, aus welchen die γ-Strahlenenergie bestimmt werden kann (Fig. 14). Haben die γ-Strahlen verschiedene Wellenlänge (Energie), so treten verschiedene Maxima auf.

Ein radioaktiver Kern zerfällt häufig nicht direkt in den Grundzustand des Zerfallskerns, sondern zunächst in einen angeregten Zustand desselben und dann erst unter γ-Strahlemission in dessen Grundzustand. Dies erfolgt normalerweise in einer unmeßbar kurzen Zeit (etwa 10^{-13} sec). Nur bei sehr geringer Energiedifferenz oder großer Spinquantenzahldifferenz zwischen den kombinierenden Kernniveaus ist die Abklingzeit größer. Kerne in angeregten Zuständen, deren mittlere Verweilzeit meßbar ist, bezeichnet man als Isomere. Verweilzeiten von mehr als 10^{-8} sec kommen selten vor, da hohe Spinquantenzahldifferenzen zwischen aufeinanderfolgenden Kernniveaus unwahrscheinlich sind. Je kürzere Abklingzeiten man messen kann, desto mehr Isomere findet man. Wir betrachten als Beispiel den β-Zerfall des ^{198}Au in ^{198}Hg über den isomeren Zustand des Hg:

$$^{198}\mathrm{Au} \rightarrow {}^{198}\mathrm{Hg}^{\mathrm{isom}} + \beta; \qquad {}^{198}\mathrm{Hg}^{\mathrm{isom}} \rightarrow {}^{198}\mathrm{Hg} + \gamma.$$

Zwischen der Emission des β-Teilchens und γ-Quants liegt die kurze Verweilzeit im isomeren Zustand. Zur Messung der Abklingzeit läßt man die β- und γ-Strahlen in je einem Leuchtschirm Szintillationen erregen. Die von ihnen in zwei P.S.E.V. erzeugten Impulse erfolgen im Abstand der Verweilzeit. Schaltet man in die eine Leitung ein Verzögerungsglied [107] und nimmt die Koinzidenzrate zwischen den Impulsen in Abhängigkeit von der Verzögerungszeit auf, so erhält man für die beim Kernprozeß emittierten β- und γ-Strahlen die asymmetrische Kurve Fig. 15. Die Verteilungskurve ist durch das endliche Auflösungsvermögen der Apparatur — in erster Linie durch die endliche Abklingzeit des Leuchtstoffes — gegeben. Für die β- und γ-Koinzidenzen beim radioaktiven Zerfall von ^{24}Na in ^{24}Mg über einen kurzlebigen Anregungszustand des ^{24}Mg-Kerns erhält man die symmetrische Kurve in Fig. 15. Aus der Unsymmetrie kann man die Abklingzeit des ^{198}Hg-Isomers zu $2{,}3 \cdot 10^{-8}$ sec bestimmen [72]. Zählrohre sind für solche Untersuchungen wegen ihres geringen Auflösungsvermögens unbrauchbar. Vermittels Szintillationszähler konnten zahlreiche Abklingzeiten von Isomeren in der Größenordnung 10^{-8} sec ausgemessen werden [2, 6, 7, 8, 30, 32, 49, 72, 105, 123].

M. DEUTSCH [27] hat auf entsprechende Weise die Lebensdauer von Positronen in verschiedenen Gasen untersucht. Wenn ein ^{22}Na-Kern ein Positron emittiert, wird gleichzeitig ein Kern-γ-Quant von 1,3 MeV ausgesandt. Wenn das Positron sich im Gas totgelaufen hat, wird Vernichtungsstrahlung beobachtet. Die inzwischen verstrichene Zeit wurde mit der oben beschriebenen Methode gemessen. Sie beträgt z.B. in N_2 von 1 Atm. Druck $0{,}15 \cdot 10^{-6}$ sec.

Das hohe Auflösungsvermögen des Szintillationszählers ermöglicht auch die Untersuchung der Korrelation der Emissionsrichtungen bei gleichzeitigem β- und γ-Zerfall und der Korrelation von Emissionsrichtungen und Polarisation, wenn zwei γ-Quanten sukzessiv ausgesandt werden. Zur Ermittlung der Winkelbeziehung zwischen zwei sukzessiv emittierten β- und γ- oder γ- und γ-Strahlen wird mit 2 Leuchtstoffen gleichzeitige Ausstrahlung unter einem variablen Winkel Θ gemessen. Bei gegebenen Spins der Ausgangs- und Endzustände der Kerne beim β- bzw. γ-Zerfall lassen sich Beziehungen für Emissionsrichtung und Polarisation aufstellen. Aus dem Vergleich

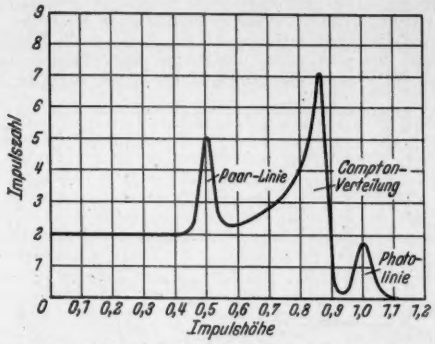


Fig. 14. Impulshöhenverteilung in einem durch γ-Strahlen von 2,04 MeV erregten NaJ (Tl)-Kristall nach MCINTYRE und HOFSTADTER [73].

mit den experimentell ermittelten Kurven lassen sich rückwärts Aussagen über die Spinänderungen beim β- und γ-Zerfall machen. Zur Analyse der Polarisationsebene der γ-Strahlen kann die Richtungsverteilung der von ihnen ausgelösten COMPTON-Elektronen dienen.

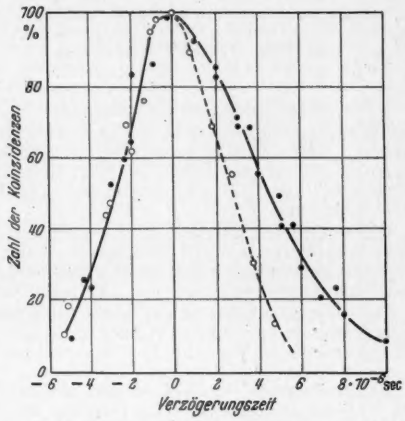


Fig. 15. Koinzidenzraten zwischen den Impulsen zweiter Szintillationszähler in Abhängigkeit von einer künstlich in eine der beiden eingeschalteten Verzögerungszeit. — — — für „gleichzeitige" Ereignisse; ——— für die β- und γ-Strahlen beim Zerfall von ^{198}Au in ^{198}Hg, nach MCINTYRE [72].

Bei den im sichtbaren oder ultravioletten Spektralgebiet liegenden Ausstrahlungen der Elektronen der Atomhülle kann nur der Mittelwert über viele Ereignisse bzw. Photonen gemessen werden. Richtungs- und Polarisationsbeziehungen zwischen aufeinanderfolgenden Ausstrahlungen als Folge sukzessiver Quantenübergänge zwischen den Niveaus der Elektronenhülle lassen sich hierbei nur in ganz seltenen Fällen messen, wie etwa bei der stufenweisen Anregung der Fluoreszenz der Quecksilberlinie 4358 [52, 133]. Bei der Kernstrahlung hingegen wird von *einzelnen* γ-Strahlen Richtung und Polarisation beobachtet; bei der sukzessiven Emission zweier γ-Strahlen wird die Winkelkorrelation und Polarisationsbeziehung zwischen diesen beiden gemessen. Aus einer Statistik über viele solche Ereignisse wird die Wahrscheinlichkeit dafür, daß die γ-Strahlen unter einem

Winkel Θ emittiert werden, $W(\Theta)$, sowie eine entsprechende Korrelation zwischen dem Emissionswinkel und den Polarisationsebenen gefunden. Zum Beispiel ergibt die Theorie für den Fall, daß eine der beiden γ-Strahlen einem Dipolübergang entspricht, für $W(\Theta) = 1 + a \cdot \cos^2 \Theta$. Eine solche Winkelabhängigkeit zeigt Fig. 16A, B und C für ^{60}Co, ^{134}Cs und ^{110}Ag, während entsprechend Fig. 16D für die γ-Emission von ^{106}Rh eine ganz andere Winkelbeziehung gilt [*14*]. Alle solche Messungen beruhen auf Beobachtungen des Einzelvorganges, der einzelnen γ-Photonen. Dies erläutert wohl besonders eindrucksvoll die Überlegenheit der kernphysikalischen Methoden und speziell der Szintillationsmethode, deren große Empfindlichkeit für γ-Strahlen und hohes Auflösungsvermögen solche Messungen erlaubt [*10, 11, 14, 28, 29, 103, 134, 155*].

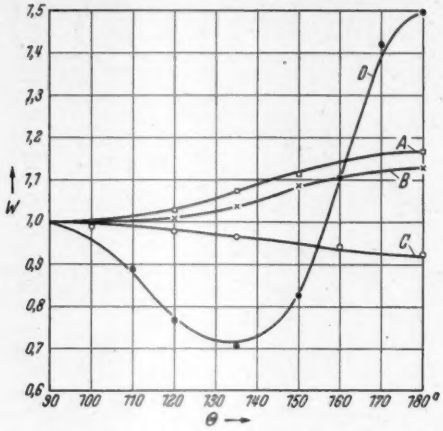


Fig. 16. Wahrscheinlichkeit für sukzessive Emission zweier γ-Strahlen unter einem Winkel Θ bei ^{60}Co (A), ^{134}Cs (B), ^{110}Ag (C) und ^{106}Rh (D), nach Breyster [*14*].

8. Vorteile des Szintillationszählers.

Der Szintillationszähler reiht sich gleichberechtigt an die älteren „klassischen" Methoden des Nachweises und der Messung von energiereicher Strahlung, das Zählrohr, die Wilson-Kammer und die photographische Platte. Seine Vorteile sind:

1. Die Szintillationsmethode ist noch vielseitiger als die elektrische Methode durch die Möglichkeit der Kombination von Leuchtstoffen der verschiedensten Art mit Sekundärelektronenverstärkern oder Lichtzählrohren.

2. Die Anregungsdichte in der festen oder flüssigen Leuchtsubstanz ist um mehrere Größenordnungen höher als die Ionendichte im Gaszählrohr. Daher ist der Szintillationszähler für durchdringende Strahlung empfindlicher als das Zählrohr. So können mit einem Tl-aktivierten NaJ-Kristall oder $CaWO_4$ γ-Quanten mit 100%, mit organischen Kristallen schnelle Neutronen durch Protonenrückstoß mit 10% Ausbeute gezählt und Mesonen beobachtet werden.

3. Bei manchen Leuchtstoffen ist die Lichtausbeute sehr gut. Leuchtstoffe vom Typ des ZnS erfordern einen Energieaufwand von knapp 10 eV je Lichtquant.

4. In vielen Fällen kann mit dem Szintillationszähler die Energie der auslösenden Strahlung gemessen werden.

5. Der Szintillationszähler arbeitet sicherer als ein Zählrohr.

6. Der empfindliche Teil des Szintillationszählers, der Leuchtstoff, kann eine minimale Ausdehnung haben.

7. Organische Leuchtstoffe wie Stilben haben eine sehr kurze Abklingzeit und Photosekundärelektronenverstärker ein sehr hohes Auflösungsvermögen. Bei Verwendung eines schnell abklingenden Leuchtstoffes hat der Szintillationszähler ein viel höheres Auflösungsvermögen als das Zählrohr und eignet sich daher vorzüglich zu Koinzidenzmessungen, zur Registrierung schnell hintereinander ausgestrahlter Teilchen und Quanten und zur Messung von Abklingzeiten kurzlebiger Isomere.

Literatur.

[*1*] Ageno, M., M. Chizzotto e R. Querzoli: Atti Accad. naz. Lincei **6**, 626 (1949). — Physic. Rev. **79**, 720 (1950). — [*2*] Barber, W. C.: Physic. Rev. **78**, 82 (1950); **80**, 332 (1950). — [*3*] Bay, Z., and G. Papp: Rev. Sci. Instruments **19**, 564 (1948). — [*4*] Papp, G.: Rev. Sci. Instruments **19**, 568 (1948). — [*5*] Bell, P. R.: Physic. Rev. **73**, 1405 (1948). — [*6*] Bell, R. E., and R. L. Grahan: Physic. Rev. **78**, 490 (1950). — [*7*] de Benedetti, S.: Physic. Rev. **73**, 1404 (1948). — [*8*] de Benedetti, S., and McGowan: Physic. Rev. **74**, 728 (1948). — [*9*] de Benedetti, S.: Rev. Sci. Instruments **20**, 81 (1949). — [*10*] Beyster, J. R., and M. L. Wiedenbeck: Physic. Rev. **79**, 728 (1950). — [*11*] Breyster, J. R., and M. L. Wiedenbeck: Physic. Rev. **79**, 411 (1950). — [*12*] Blau, M.: Rev. Sci. Instruments **16**, 245 (1945). — [*13*] Blizard: Rev. Sci. Instruments **20**, 81 (1949). — [*14*] Bradly, E. L., and M. Deutsch: Physic. Rev. **72**, 870 (1947); **74**, 1541 (1948). — [*15*] Broser, J., u. H. Kallmann: Ann. Phys. **3**, 317 (1948). — Nature (Lond.) **163**, 20 (1949). — [*16*] Broser, J., u. H. Kallmann: Z. Naturforschg. **2a**, 439 (1947); **4a**, 203 (1949). — Broser, J.: Z. Naturforschg. **2a**, 642 (1947); **3a**, 6 (1948). — [*17*] Broser, J., L. Herforth, H. Kallmann u. U. Martius: Z. Naturforschg. **3a**, 6 (1948). — [*18*] Broser, J., H. Kallmann u. C. Reuber: Z. Naturforschg. **5a**, 79 (1951). — [*19*] Brueckner, K. A., and K. M. Watson: Physic. Rev. **78**, 494 (1950). — [*20*] Cassen, B., C. W. Reed, L. Curtis and L. Baurmash: Nucleonics **5**, Nr. 4, 55 (1949). [*21*] Chamberlain, O., R. F. Mazley, J. Steinberger and C. Wiegand: Physic. Rev. **50**, 394 (1950). — [*22*] Christoph, W.: Ann. Phys. **23**, 747 (1935). — [*23*] Collins, G. B.: Physic. Rev. **74**, 1543 (1948). — [*24*] Coltman, J. W.: Proc. I.R.E. **37**, 671 (1949). — [*25*] Coltman, J. W., and Marschall: Physic. Rev., A **72**, 528 (1947). — [*26*] Cross, W. G.: Physic. Rev. **78**, 185 (1950). — [*27*] Deutsch, M., and J. W. Shearter: Physic. Rev., A **76**, 462 (1949). — [*28*] Deutsch, M., and F. Metzger: Physic. Rev. **74**, 1542 (1948); **78**, 558 (1950). — [*29*] Deutsch, M., and F. Metzger: Physic. Rev. **78**, 558 (1950). — [*30*] Deutsch, M., and W. E. Wright: Physic. Rev. **77**, 139 (1950). — [*31*] Deutsch, M., and F. Metzger: Physic. Rev. **78**, 551 (1950). — [*32*] Deutsch, M., and A. Hedgran: Physic. Rev. **79**, 400 (1950). — [*33*] Deutsch, M.: Mas. J. of Techn. Techn. Rep. No. 3, Dezember 1947. — [*34*] Elmore, W. C.: Nucleonics **6**, Nr. 1, 26 (1950). — [*35*] Elliot, J. O., S. H. Liebson and C. F. Ravilious: Physic. Rev. **79**, 393 (1950). — [*36*] Elliot, J. O., S. H. Liebson, R. D. Myers and C. F. Ravilious: Rev. Sci. Instruments **21**, 631 (1950). — [*37*] Elmore, W. C.: Physic. Rev. **75**, 1, 203 (1949). — [*38*] Elmore, W. C.: Rev. Sci. Instruments **20**, 963 (1949); **21**, 649 (1950). — [*38a*] Farmer, E. C., H. B. Moore and C. Goodman: Physic. Rev. **76**, 454 (1949). — [*39*] Feazel, C. E., and C. D. Smith: Rev. Sci. Instruments **19**, 817 (1948). — [*40*] Franzen, W., R. W. Peele and R. Sherr: Physic. Rev. **79**, 742 (1950). — [*41*] Freedman, W., B. Smaller and J. May: Physic. Rev. **77**, 759 (1950). — [*42*] Frey, H. B.: Rev. Sci. Instruments **21**, 886 (1950). — [*43*] Fünfer, E.: Z. Naturforschg. **4a**, 672 (1949). — [*44*] Garlick, G. F. J.: Physic. Rev. **75**, 9, 1446 (1949). — [*45*] Garwin, R. L.: Rev. Sci. Instruments **21**, 569 (1950). — [*46*] Gillette, R. H.: Rev. Sci. Instruments **21**, 294. — [*47*] Gittings, T. H.: Physic. Rev. **75**, 1, 205 (1949). — [*48*] Goldin, A. S., E. R. Rohrer, R. L. Macklin: Rev. Sci. Instruments **21**, 554 (1950). — [*49*] McGowan, F. K.: Physic. Rev. **77**, 138 (1950); **79**, 404 (1950); **80**, 482 (1950). — [*50*] Graves, J. D., and J. P. Dyson: Rev. Sci. Instruments **20**, 560 (1949). — [*51*] McGuive, A. D.: Nuclear Sci. Abstr. **4**, Nr. 299. — [*52*] Hanle, W., u. E. F. Richter: Z. Physik **54**, 811 (1929). — [*53*] Hanle, W.: Umschau **50**, 542 (1950). — Techn. Neuheiten **1**, H. 3, 6. — Physik. Blätter **6**, 399 (1950). — [*54*] Hanle, W.: Physik. Verh. **1950**, 106. — [*55*] Harrion, F. B., and G. T. Reynols: Physic. Rev. **79**, 733 (1950). — [*56*] Hengst: Diss. Gießen 1951. — [*57*] Herforth, L., u. H. Kallmann: Ann. Phys. **4**, 231 (1949). — [*58*] Hine, G. J., M. Berman and M. M. Elkind: Rev. Sci. Instruments **21**, 362 (1950). — [*59*] Hofstadter, R., Milton and J. A. McIntyre: Bull. Ann. Phys. Soc. **1949**, No. 1, 16. [*60*] Hofstadter, R.: Physic. Rev. **74**, 100 (1948); **75**, 796 (1949). — [*61*] Hofstadter, R.: Nucleonics **6**, 70 (1950). — [*62*] Hofstadter, R., S. H. Liebson and J. O. Elliot: Physic. Rev. **78**, 81. [*63*] Hofstadter, R., and J. A. McIntyre: Physic. Rev. **79**, 389; **80**, 631 (1950). — Nucleonics **7**, Nr. 3, 32 (1950). — [*64*] Hofstadter, R., and J. A. McIntyre: Physic. Rev. **78**, 24 (1950). — [*65*] Hofstadter, R., and J. A. McIntyre: Rev. Sci. Instruments **21**, 52 (1950). — [*66*] Hopkins, J. I.: Physic. Rev. **77**, 406 (1950). — [*67*] Hoydt, R. C.: Rev. Sci. Instruments **20**, 178 (1949). — [*68*] Hine, G. J.: Nuclear Sci. Abstr. **4**, Nr. 303 (1949). — [*69*] Huber, O., F. Humbel, H. Schneider u. R. Steffen: Helvet. phys. Acta **22**, 418 (1949). — [*70*] Huber, O., F. Humbel, H. Schneider u. W. Zünti: Helvet. phys. Acta **23**, 855 (1950). — [*71*] McIntyre, W. J.: Physic. Rev. **75**, 1439 (1949). — [*72*] McIntyre, J. A.: Physic. Rev. **76**, 312 (1949);

80, 1018 (1950). — [73] McIntyre, J. A., and R. Hofstadter: Physic. Rev. 78, 617, 619 (1950). — [74] Jordan, W. H., and P. R. Bell: Nucleonics 7, 30 (1949). — [75] Kallmann, H.: Natur u. Technik, Juli 1947. — Physic. Rev. 75, 623 (1949). — [76] Kallmann, H.: Ann. Phys. 4, 57 (1948). — [77] Kallmann, H., u. R. Waminsky: Ann. Phys. 4, 61 (1948). — [78] Kallmann, H.: Ann. Phys. 4, 85 (1948). — [79] Kallmann, H.: Physic. Rev. 78, 621 (1950). — [80] Kallmann, H., and M. Furst: Physic. Rev. 79, 857 (1950). — Nucleonics 7, Nr. 1, 69 (1950). — [81] Kallmann, H., and C. A. Accardo: Rev. Sci. Instruments 21, 48 (1950). — [82] Kandiah, K., and M. C. Deighton: J. Sci. Instruments 27, 219 (1950). — [83] Kelley, G. G., and M. Goodrich: Physic. Rev. 77, 138 (1950). — [84] Ketelle, B. H.: Physic. Rev. 80, 758 (1950). — [85] Koski, W. S., and C. O. Thomas: Physic. Rev. 76, 308 (1949). — [86] Kotschak, O.: Diss. Gießen. — [87] Kraushaar, W. L., J. E. Thomas jr. and V. P. Henry: Physic. Rev. 78, 486 (1950). — [88] Kuan-Han Sun and W. E. Shoupp: Rev. Sci. Instruments 21, 395 (1950). — [89] Lee: Proc. I.R.E. 34, 121 (1946). — [89a] Lawrence: Rev. Sci. Instruments 20, 549 (1950). — [90] Liebson, S. H., and J. O. Elliot: Physic. Rev. 78, 65 (1950). — [91] Liebson, S. H., J. W. Keller, jr: Physic. Rev. 78, 305 (1950). — [92] Liebson, S. H., and G. T. Reynolds: Physic. Rev. 79, 733 (1950). — [93] Liebson, S. H., M. E. Bishop and J. O. Elliot: Physic. Rev. 80, 907 (1950). — [94] Linde Company: Rec. Sci. Instruments 20, 759 (1949). — [94a] Locher, G. L.: Physic. Rev. 42, 525 (1932). — [95] Lundby, A.: Physic. Rev. 80, 477 (1950). — [96] Mandeville, C. E.: Nucleonics 7, Nr. 4, 92 (1950). — [97] Mandeville, C. E., and M. V. Scherb: Nucleonics 7, Nr. 5, 34 (1950). — [98] Mandeville, C. E., and H. O. Albrecht: Physic. Rev. 80, 117 (1950). — [99] Mandeville, C. E., and H. O. Albrecht: Physic. Rev. 79, 1010 (1950); 80, 299 (1950). — [100] Marschall, F. H., J. W. Coltman and A. J. Bennet: Rev. Sci. Instruments 19, 744 (1948). — [101] Martinson, O., P. Isaacs, H. Brown and J. W. Ruderman: Physic. Rev. 79, 178 (1950). — [102] Mayneord, W. V., and E. M. Belcher: Nature (Lond.) 165, 930 (1950). — [103] Metzger and Deutsch: Physic. Rev. 78, 551 (1950). — [104] Meyer, K. P.: Helvet. phys. Acta 29, 211 (1946). — Meyer, K. P., E. Baldinger, B. Hahn u. P. Huber: Helvet. phys. Acta 22, 420 (1949). — Meyer, K. P., E. Baldinger u. P. Huber: Helvet. phys. Acta 23, 121 (1950). — Meyer, K. P., P. Huber u. E. Baldinger: Helvet. phys. Acta 21, 188 (1948). — [105] Meyer, K. P., E. Baldinger u. P. Huber: Helvet. phys. Acta 23, 517 (1950). — [106] Montgomery, C. G., and D. D. Montgomery: Physic. Rev. 80, 757 (1950). — [107] Moore, D. C., and W. A. Reenstra: Physic. Rev. 77, 761 (1950). — [108] Morish, A. H., G. W. Williams and E. K. Darby: Rev. Sci. Instruments 21, 884 (1950). — [109] Moon, R.: Physic. Rev. 73, 1210 (1948). — [110] Morton, G. A., and J. A. Mitchell: Nucleonics 4, Nr. 1, 16 (1949). — [111] Morton, G. A., and K. W. Robinson: Nucleonics 4, 25 (1949). — [112] Morton, G. A.: RCA Rev. 10, 525 (1949). — [113] Moulton, W. G., and C. W. Sherwin: Physic. Rev. 77, 758 (1950). — [114] Muehlhause, C. O.: Physic. Rev. 79, 277 (1950). — [115] Neuert, H., u. K. H. Lauterjung: Z. Physik 122, 266 (1944). — [116] Newton, T. D.: Physic. Rev. 78, 490 (1950). — [117] Nielsson, J.: Rev. of Sci. Instr. 21, 396 (1950). — [118] Norton, J. F.: Physic. Rev. 77, 759 (1950). — [119] Post, R. F., and N. S. Shiren: Physic. Rev. 78, 80, 81 (1950). — [120] Post, R. F.: Physic. Rev. 79, 735 (1950). — [121] Post, R. F., and L. J. Schiff: Physic. Rev. 80, 1113 (1950). — [122] Pringle, R. W., S. Standtl and K. J. Roulton: Physic. Rev. 77, 841 (1950). — [123] Pringle, R. W.: Physic. Rev. 78, 303 (1950). — [124] Pringle, R. W., K. J. Roulston and H. W. Taylor: Rev. Sci. Instruments 21, 216 (1950). — [124a] Rajewski, B.: Z. Physik 63, 576 (1930). — Ann. Phys. 20, 13 (1934). — [125] Rall, W., and R. G. Wilkinson: Physic. Rev. 77, 758 (1950). — [126] Ramler, W. J., and M. S. Freedman: Rev. Sci. Instruments 21, 922 (1950). — [127] Ramler, W. J., and M. S. Freedman: Physic. Rev. 21, 784 (1950). — [127a] Rau, K. H.: Diplomarbeit Gießen 1950. — [128] Ravilious, C. F., J. O. Elliott and S. H. Liebson: Physic. Rev. 77, 851 (1950). — [129] Reed, C. W.: Nucleonics 7, Nr. 6, 56 (1950). — [130] Reiffel, L., and G. Burgwald: Rev. Sci. Instruments 20, 711 (1949). — [131] Reynolds, G. T.: Nucleonics 6, Nr. 6, 68 (1949). — Reynolds, G. T., F. B. Harvison and G. Salvini: Physic. Rev. 78, 488 (1950). — [132] Richards, P. J., and E. E. Hays: Rev. Sci. Instruments 21, 99 (1950). — [133] Richter, E. F.: Ann. Phys. 7, 293 (1930). — [134] Ridgway, S. L.: Physic. Rev. 78, 821 (1950). — [135] Robinson, L. B., and J. R. Arnold: Rev. Sci. Instruments 20, 548 (1949). — [136] Roth, L.: Physic. Rev. 75, 983 (1949). — [137] Sard: Rev. Sci. Instruments 20, 526 (1949). — [138] Sauter, F.: Z. Naturforschg. 49, 682 (1949). — [139] Schaetti, N.: Helvet. phys. Acta 23, 108 (1950). — [139a] Scherb, M. V.: Physic. Rev. 73, 86 (1948). — [140] Scharmann, A.: Diplomarbeit Gießen 1951. — [140a] Schmillen, A. u. L.: Gießen 1950 (im Druck). — [140b] Schneider, H.: Diplomarbeit Gießen 1950. — [141] Schorr, M. G., and F. L. Torney: Physic. Rev. 80, 474 (1950). [142] Sctillinger, E.: Physic. Rev. 75, 5, 900 (1949). — [143] Seitz, F., and D. W. Mueller: Physic. Rev. 78, 605 (1950). — [144] Schrader, E. F.: Rev. Sci. Instruments 21, 883 (1950). — [145] Smales, A. A., L. Airey, J. Woodward and D. Mapper: Atomic Energy Research Establishment Report AERE'C/R 306, Februar 1949. — Nuclear Sci. Abstr. 4, No. 293. — [146] Smaler, B., J. May and M. Freedman: Physic. Rev. 77, 759; 79, 940 (1950). [147] Smeltzer, J. C.: Rev. Sci. Instruments 21, 669 (1950). — [148] Steinberger, J., and A. S. Bishop: Physic. Rev. 78, 493 (1950). — Steinberger, J., W. K. H. Pernofsky and J. Stetter: Physic. Rev. 78, 803 (1950). — [149] Taschek, R. F.: Physic. Rev. 74, 1553 (1948). — [150] Timmerhaus, K. D., E. B. Giller, L. H. Tung, R. B. Duffield and H. G. Drickamer: Rev. Sci. Instruments 21, 261 (1950). — [151] Timofeeva, T. V.: Izvest. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz 13, 135—9 (1949). — Nuclear Sci. Abstr. 4, Nr. 290. — [152] Tollestrup, H. V.: Physic. Rev. 74, 10, 1561 (1948). — [153] Westcott, C. H., and G. C. Hanna: Rev. Sci. Instruments 20, 180 (1949). — [154] Wick: Physic. Rev. 58, 578 (1940). — [155] Williams, A. W., and M. L. Wiedenbeck: Physic. Rev. 78, 822 (1950). — [156] Zerfoss, S.: Physic. Rev. 75, 320 (1949).

Physikalisches Institut der Justus-Liebig-Hochschule, Gießen.

Eingegangen am 12. Februar 1951.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Der Einfluß von Brillouin-Zonen auf physikalisch-chemische Eigenschaften von Legierungen.

Um den Einfluß von Brillouin-Zonen auf physikalisch-chemische Eigenschaften von Legierungen kennenzulernen, haben wir 1. das Zustandsdiagramm, 2. die magnetische Suszeptibilität und 3. die Wasserstofflöslichkeit des quasibinären Systems $MgCu_2$—$MgZn_2$ untersucht. Dieses System ist für eine solche Untersuchung besonders geeignet, da in ihm lediglich die Strukturtypen des $MgCu_2$, $MgNi_2$ und $MgZn_2$ auftreten, die hinsichtlich ihres geometrischen Aufbaus[1]) außerordentlich ähnlich sind. Wenn daher nicht die Größenverhältnisse der Atome, sondern andere Faktoren — wie z. B. der Zustand der Elektronen — einen Einfluß auf die Eigenschaften der Legierungen haben, dann sollten sie bei dem hier untersuchten System am deutlichsten in Erscheinung treten.

In den Abb. 1a—c sind die Ergebnisse unserer Untersuchungen zusammengestellt. Abszisse ist in allen Figuren die Zusammensetzung der Legierungen (Mol% $MgZn_2$). Abb. 1a zeigt das Zustandsdiagramm. Die Phase mit der Struktur des $MgCu_2$ ist bis etwa 63% $MgZn_2$ stabil. Von 73 bis 87% $MgZn_2$ tritt eine Phase mit der Struktur des $MgNi_2$ auf, und bei 99% $MgZn_2$ beginnt das Homogenitätsgebiet des $MgZn_2$. Abb. 1b enthält die Ergebnisse der magnetischen Messungen (Molsuszeptibilität bei Zimmertemperatur), und Abb. 1c zeigt die Wasserstofflöslichkeit $\left(k = \frac{C_{H_2}}{\sqrt{p_{H_2}}},\ C_{H_2} = \text{Konzentration des Wasserstoffs}^{2}\text{) in Mol je Mol Legierung},\ p_{H_2} = \text{Druck in Atm.}\right)$ bei verschiedenen Temperaturen.

Ohne hier auf Einzelheiten einzugehen, sei auf folgendes hingewiesen: Die Suszeptibilität wird an der elektronenreichen Seite der Homogenitätsgebiete mehr oder weniger stark diamagnetisch, bedingt durch die Elektronen, deren Energie nur wenig unterhalb der Grenzenergie der Zone liegt. Im Bereich des $MgCu_2$-Typs ist dieser Effekt sehr ausgeprägt. Die Zone ist hier aus den Flächen (1, 1, 3) und (2, 2, 2) gebildet und ist einer Kugel recht ähnlich, so daß die fast aufgefüllte Zone viele Elektronen mit einer Energie dicht unterhalb der Grenzenergie besitzt, d. h. die Legierung ist diamagnetisch. Die Phasengrenze ist durch die Auffüllung der Brillouin-Zone bedingt. Im Bereich der Phase mit $MgNi_2$-Struktur liegen

verwickeltere Verhältnisse vor, da die Oberfläche des FERMI-Körpers von mehreren Zonenflächen tangiert bzw. geschnitten wird. Hierdurch ist der Diamagnetismus der ganzen Phase zu erklären. An der elektronenreichen Seite der Phase nimmt die Suszeptibilität wieder ab, d.h. auch hier wird der FERMI-Körper von einer neuen Ebene der BRILLOUIN-Zone tangiert. Die Phasengrenze ist auch in diesem Fall durch die Auffüllung der BRILLOUIN-Zone bedingt. Im Bereich der $MgZn_2$-Struktur haben wir das entsprechende Bild. Der Meßpunkt oberhalb 100% $MgZn_2$ ist die Suszeptibilität einer Legierung der Zusammensetzung $Mg_{50}Zn_{99}Al_1$. Er soll zeigen, daß auch in dieser Phase die Suszeptibilität mit Auffüllung der Zone diamagnetisch wird.

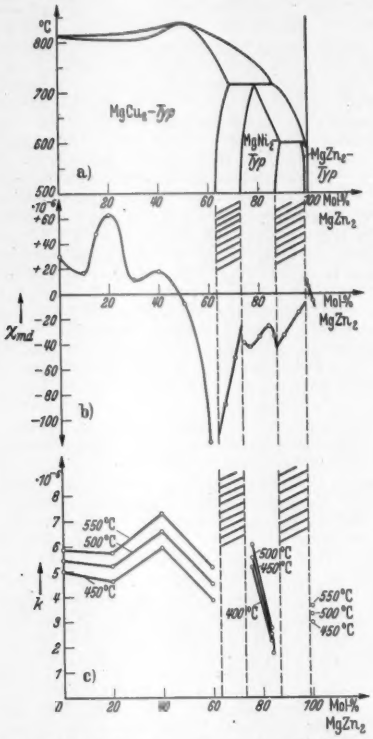


Abb. 1 a—c. Zustandsdiagramm des Systems $MgCu_2$—$MgZn_2$ (a). Molare magnetische Suszeptibilität (b) und Wasserstofflöslichkeit (c) im System $MgCu_2$—$MgZn_2$ als Funktion der Zusammensetzung. Betreffs Definition des in c aufgetragenen Löslichkeitskoeffizienten k siehe Text.

Auch die Wasserstofflöslichkeit zeigt eine Abhängigkeit von der Auffüllung der BRILLOUIN-Zone. An der elektronenarmen Seite einer Phase ist die Wasserstofflöslichkeit größer als an der elektronenreichen Seite, um dann an der elektronenarmen Seite der folgenden Phase wieder größere Werte anzunehmen. Genauere Aussagen über den Zusammenhang zwischen der Wasserstofflöslichkeit und dem Elektronenzustand werden erst nach weiteren experimentellen und theoretischen Untersuchungen möglich sein. Wir vermuten jedoch, daß die Wasserstofflöslichkeit in großen Zügen proportional zur freien Oberfläche[3]) des FERMI-Körpers ist.

Die Untersuchungen werden an diesen und ähnlichen Systemen fortgesetzt.

Lehrstuhl für chemische u. physikalische Röntgenkunde der Technischen Hochschule Darmstadt.

H. WITTE, H. KLEE und K. H. LIESER.

Eingegangen am 10. März 1951.

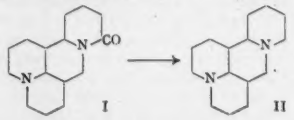
[1]) LAVES, F., u. H. WITTE: Metallwirtsch. 14, 645 (1935).

[2]) Selbstverständlich liegt der Wasserstoff in der Legierung nicht in molekularer Form vor.

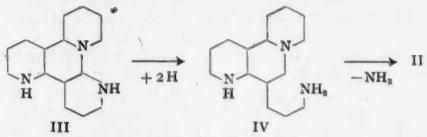
[3]) Unter der freien Oberfläche wird hier derjenige Teil der Oberfläche des FERMI-Körpers verstanden, der nicht von BRILLOUIN-Zonen tangiert wird.

Eine Synthese des Matridins.

Für das in Sophora flavescens Ait (= S. angustifolia S. et Z.) und in anderen Sophora-Arten vorkommende Alkaloid *Matrin* haben H. KONDO, E. OCHIAI und Mitarbeiter aus zahlreichen Umsetzungen die Formel I abgeleitet[1]). Bei der Zinkstaubdestillation[2]) und bei der Druckhydrierung mit Kupferchromit als Katalysator[3]) geht Matrin in den sauerstofffreien Grundkörper, das *Matridin* der Konstitution II (Schmp. 76°, $[\alpha]_D^{20} = +28{,}8°$ in Äthanol) über.

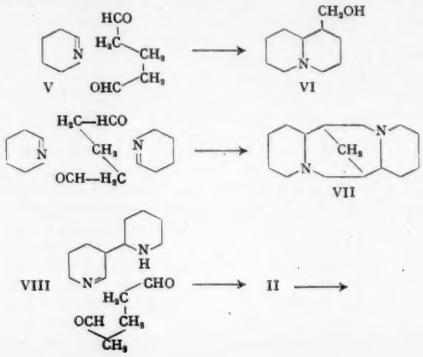


Eine mit dem Matridin identische Verbindung haben wir jetzt aus dem *Aldotripiperidein* (Schmp. 119 bis 121°) erhalten, das aus α-Tripiperidein oder Isotripiperidein entsteht, wenn man mit etwas Ammonchlorid $^1/_4$ Std auf 220° oder in Pufferlösung vom p_H 9,2 1 Stde auf 100° erhitzt. Für das Aldotripiperidein folgt aus Bildungsweise und Verhalten[4]) die Konstitution III. Wie wir bereits kurz mitgeteilt haben[5]), geht es bei der katalytischen Hydrierung mit Palladium in salzsaurer Lösung quantitativ über in *Dihydro-aldotripiperidein* (Schmp. 64 bis 66°), das eine primäre Aminogruppe enthält und dem daher die Konstitution IV zukommen muß. In dieser Verbindung läßt sich nach bekannten Methoden die Aminogruppe gegen die Oxygruppe und diese gegen ein Bromatom austauschen. Beim Erwärmen des Bromids mit Alkali entsteht unter HBr-Abspaltung *dl-Matridin* (II) vom Schmp. 55°. Man erhält es unter quantitativer Ammoniakabspaltung in über 90%iger Ausbeute auch, wenn man IV in wäßriger Lösung mit RANEY-Nickel 10 bis 15 Stdn zum Sieden erhitzt.



Das so erhaltene dl-Matridin läßt sich mit Hilfe der sauren dibenzoyl-*d*-weinsauren Salze, von denen das des (−)-Antipoden (Schmp. des Salzes 177°) in Methanol schwer löslich ist, in die optischen Antipoden spalten. Die (−)-Verbindung vom Schmp. 76 bis 77° ($[\alpha]_D^{20} = -28{,}2°$ in Äthanol) ist der optische Antipode des aus Matrin gewonnenen Matridins. Die (+)-Verbindung ist mit aus natürlichem Matrin gewonnenen *Matridin*[6]) identisch (Mischprobe, DEBYE-SCHERRER-Diagramm). Es ist bemerkenswert, daß bei dieser Synthese von den acht möglichen stereoisomeren Razematen dasjenige erhalten wird, das dem Naturstoff entspricht.

Für die Biogenese der verbreitetsten Lupinenalkaloide kann man die Hypothese aufstellen, daß Lupinin (VI) aus 1 Mol des als Abbauprodukt des Lysins zellmöglichen Δ^1-Piperideins (V)[7]) und 1 Mol Glutardialdehyd[8]) und Spartein (VII) aus 2 Mol Δ^1-Piperidein und 1 Mol Glutardialdehyd entsteht. Man erhält daraus die erwähnten Alkaloide, wenn man als Reaktionen, nach denen sich diese Bausteine vereinigen, eine — hier vermutlich enzymatisch beschleunigte — Aldolkondensation und Aldehydammoniakbildung mit nachfolgender Reduktion annimmt.



Matrin kann analogen Reaktionen seine Entstehung in der Zelle verdanken, wenn zunächst 2 Mol Δ^1-Piperidein zu Tetrahydroanabasin (VIII) zusammentreten, was, wie wir gefunden haben, unter physiologischen Bedingungen sehr leicht erfolgt[9]), und wenn dann dieses Tetrahydroanabasin sich mit 1 Mol Glutardialdehyd durch Aldolkondensation, Aldehydammoniakbildung und Reduktion zum Matridin (II) vereinigt, dessen Oxydationsprodukt das Matrin (I) ist. Analog leitet sich auch vom Spartein (VII) eine Reihe oxydierter Basen wie Lupanin, Aphyllin, Anagyrin usw. ab. Wir beabsichtigen, die Enzyme zu studieren, die diese offenbar spezifischen Oxydationen vollbringen.

Darmstadt, Institut für organische Chemie der Technischen Hochschule.

CLEMENS SCHÖPF, HELLMUT ARM, GERHART BENZ und HEINRICH KRIMM.

Eingegangen am 21. März 1951.

[1]) Neuere Lit. s. H.-G. BOIT, Fortschritte der Alkaloidchemie seit 1933. Berlin 1950, S. 101.
[2]) KONDO, H., u. S. SATO: J. pharmac. Soc. Japan **1921**, Nr. 474 (C. 1921 III, 1427).
[3]) Privatmitteilung von Prof. E. OCHIAI, Tokio.
[4]) Nähere Mitteilung erfolgt in den Chemischen Berichten.
[5]) Vgl. das Referat Angew. Chem. **62**, 452 (1950).
[6]) Herrn Prof. E. OCHIAI, Tokio, danken wir für die Überlassung eines von ihm mit J. HAGINIWA aus Matrin durch Druckhydrierung dargestellten Präparates von (+)-Matridin und für die Angabe des Drehungsvermögens.
[7]) SCHÖPF, C., A. KOMZAK, F. BRAUN u. E. JACOBI: Liebigs Ann. **559**, 1 (1947).
[8]) SCHÖPF, C.: Congr. int. Quim. pura apl., Madrid **9** V, 189 (C 1936 II, 3302); eine andere Hypothese, die aber analoge Reaktionen annimmt, ist Angew. Chem. **61**, 31 (1949) erwähnt.
[9]) Vgl. das Referat Angew. Chem. **59**, 29 (1947).

Elementarvorgänge der Boudouard-Reaktion und der Kohleverbrennung bei hohen Temperaturen.

In einer früheren Arbeit[1]) ist gezeigt worden, wie man aus der Einfriertemperatur der Wassergasreaktion in abkühlenden Verbrennungsgasen mit Hilfe der Reaktionskinetik Rückschlüsse auf den elementaren Ablauf dieser Reaktion ziehen kann. In ähnlicher Weise läßt sich aus der Einfriertemperatur der BOUDOUARD-Reaktion

$$2\,CO = CO_2 + C_{fest} + 41\ Cal \qquad (1)$$

folgern, daß diese bei hohen Temperaturen wie die Wassergasreaktion über H- und OH-Radikale verläuft:

$$CO + OH = CO_2 + H + 25\ Cal, \qquad (2)$$

$$H + CO = C_{fest} + OH + 16\ Cal. \qquad (3)$$

Die Reaktion (2) ist eine Teilreaktion der Wassergasreaktion; daß diese gleichfalls geschwindigkeitsbestimmende Teilreaktion der BOUDOUARD-Reaktion ist, wird nahegelegt durch die annähernd gleiche Höhe der Einfriertemperaturen beider Reaktionen, die bei den üblichen Bombenverbrennungen von Pulvern bei etwa 1500° abs. liegt.

Die Reaktion (3) ist bei Zimmertemperatur mit 16 Cal/Mol exotherm, für Verbrennungstemperaturen ändert sich dieser Betrag nicht wesentlich. Eine Abfuhr von Reaktionswärme durch die Produkte C_{fest} und OH ist also nur in dieser Höhe erforderlich, ein Betrag, der wesentlich kleiner ist als die Wärmetönung der Bruttoreaktion oder gar als die Kondensationswärme von C_2 oder atomarem C. Hierdurch wird es verständlich, daß die in einer Flamme sich bildenden Rußteilchen im allgemeinen keine Übertemperatur gegenüber dem Flammengas infolge aufzunehmender Reaktionswärme haben[2]), wenn man annimmt, daß auch in der Brennzone einer Bunsenflamme sich die Rußbildung nach (3) aus dem CO vollzieht. Die Reaktionswärme von (3) hat gerade die richtige Größenordnung zur Aufheizung der Rußteilchen auf die Flammentemperatur. Es ist möglich, daß die nach (3) reagierenden CO-Molekeln zuvor an den bereits bestehenden Rußteilchen adsorbiert werden; an den thermodynamischen Betrachtungen ändert sich dadurch nichts.

Nach dem Prinzip der mikroskopischen Reversibilität kann die Reaktion (3) auch in umgekehrter Richtung ablaufen

$$C_{fest} + OH = CO + H - 16\ Cal. \qquad (3a)$$

Dies stellt eine Elementarreaktion für die Kohleverbrennung dar, die also schwach endotherm ist und zunächst zum Kohlenoxyd führt. Eine weitere mögliche Radikalreaktion für die Kohleverbrennung bei hohen Temperaturen wäre die Oxydation durch O-Atome. Die unvollständige Verbrennung der Kohle ließe sich dann durch folgenden Zyklus wiedergeben

$$C_{fest} + OH = CO + H - 16\ Cal, \qquad (3a)$$

$$H + O_2 = OH + O - 16\ Cal, \qquad (4)$$

$$C_{fest} + O = CO + 85\ Cal, \qquad (5)$$

$$2\,C_{fest} + O_2 = 2\,CO + 53\ Cal.$$

Verbrennungsversuche haben ergeben, daß reine Kohlenstoffteilchen schwer zünden und langsam verbrennen, daß dagegen ein Gehalt an flüchtigen Bestandteilen, d.h. an Kohlenwasserstoffen, die Verbrennung wesentlich fördert[3]). Dieser Zusammenhang wäre ähnlich den Verhältnissen bei der CO-Verbrennung so zu deuten, daß die Gegenwart von Wasserstoff die Bildung von OH-Radikalen nach (4) und damit die Oxydation fördert.

Zahlreiche Untersuchungen über den Verlauf der Kohleverbrennung haben ergeben, daß die Primärreaktion an der Kohle zunächst zum CO führt und erst anschließend eine Oxydation in der Gasphase zum CO_2 stattfindet[4]). Zur Erklärung der Befunde war auch schon der angegebene Reaktionszyklus (3a), (4), (5) vorgeschlagen worden[5]). Es ist bemerkenswert, daß man somit von ganz verschiedenen Ausgangspunkten hier zur Annahme der Reaktionen (3) bzw. (3a) geführt wird.

Weil am Rhein.

HANS BEHRENS.

Eingegangen am 2. April 1951.

[1]) BEHRENS, H.: Z. physik. Chem. **195**, 1 (1950).
[2]) BEHRENS, H., u. F. RÖSSLER: Z. Naturforschg. **5a**, 311 (1950).
[3]) Vgl. K. FISCHBECK in Chemie-Ingenieur, Bd. III/1, S. 273. 1937.
[4]) BANHAM, D. H., u. D. T. A. TOWNEND: J. Chim. physique **47**, 315 (1950).
[5]) ARTHUR, J. R., u. D. H. BANGHAM: J. Chim. physique **47**, 559 (1950).

Chemiionisation in Flammen.

Das Auftreten von Ionen in Konzentrationen, die weit oberhalb der für das thermische Gleichgewicht zu errechnenden liegen, ist neuerdings von HEUMANN[1]) und CALCOTE[2]) sichergestellt. Derartige Konzentrationen sind nur durch chemische Reaktionsvorgänge, ähnlich den Überkonzentrationen an Radikalen, zu erklären. Es ist weiter bemerkenswert, daß die Ionen bereits innerhalb der primären Brennzone auftreten, was nach der relativen Langsamkeit einfacher Ionisationsvorgänge gänzlich unverständlich bleibt.

Untersuchungen von BATES[3]) über die Rekombinationsvorgänge in der Ionosphäre führten zu der Erkenntnis, daß einfache Rekombination des Molekelions und Elektrons zu der neutralen Molekel einen viel zu kleinen Rekombinationskoeffizienten zur Deutung der Erscheinungen ergibt und daß ein Vorgang, der als dissoziative Rekombination bezeichnet wird, die richtige Größenordnung des Koeffizienten liefert:

$$A\,B^+ + e = A' + B',$$

wobei A' und B' angeregte Atome oder Radikale darstellen.

Zur Deutung der Flammenvorgänge brauchen wir diese Reaktion nach dem Prinzip der mikroskopischen Reversibilität nur umzukehren, um erstens als Folge der Überkonzentration an Radikalen auch eine Überkonzentration an Ionen zu erhalten und zweitens den schnellen Verlauf der Ionisierung zu verstehen. Die Chemiionisation wird somit auf eine ionisierende Rekombination von Radikalen zurückgeführt:

$$A' + B' = A\,B^+ + e.$$

Es entsteht die Frage, welche Reaktionsvorgänge in Flammen speziell die Ionisierung bewirken. Es kommen insbesondere solche Reaktionen in Frage, für die die Rekombinationswärme der angeregten Radikale entweder größer ist als die Ionisierungsgrenze oder diese fast erreicht. Insbesondere dürften solche Radikale mitwirken, die chemische Reaktionsenergie durch Übergang in einen angeregten Zustand aufgenommen

haben und deshalb im angeregten Zustand in relativ hohen Konzentrationen vorhanden sind.

Weil am Rhein. HANS BEHRENS.

Eingegangen am 2. April 1951.

[1]) HEUMANN, TH.: Spectrochim. Acta 1, 293 (1940).
[2]) CALCOTE, H. F.: Third Symposium on Combustion and Flame and Explosion Phenomena, S. 245. Baltimore 1949.
[3]) BATES, D. R.: Physic. Rev. 77, 718 (1950); 78, 492 (1950). — BATES, D. R., u. H. S. W. MASSEY: Proc. roy. Soc. Lond., Ser. A 187, 261 (1947).

Gefärbte Einschlußverbindungen.

Die Schardingerdextrine sind als zyklische Oligosaccharide mit verhältnismäßig großen Hohlräumen innerhalb der Molekel in der Lage, mit zahlreichen organischen Molekeln Einschlußverbindungen (EV.) zu bilden[1]). Dabei werden bevorzugt lipophile Einschlußkomponenten (EK.) eingelagert. Die EK. müssen außerdem gewisse sterische Voraussetzungen erfüllen.

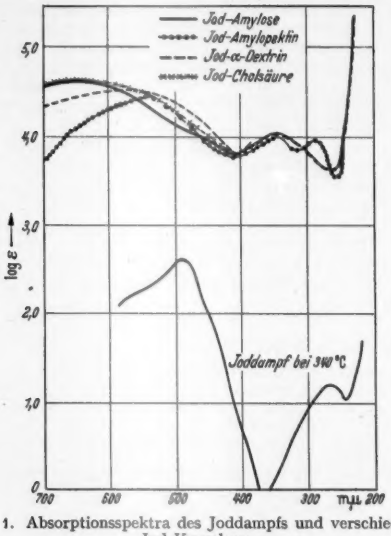


Abb. 1. Absorptionsspektra des Joddampfs und verschiedener Jod-Komplexe.

In den molekularen Hohlräumen sind außerordentlich starke Feldkräfte wirksam, die die Elektronensysteme leicht polarisierbarer EK. beträchtlich verschieben können. Das macht sich im Spektrum der EK. bemerkbar, es treten Verschiebungen der Absorptionsmaxima nach längeren Wellen auf[2]).

p-Nitrophenol als EK. zeigt ein Maximum im Sichtbaren bei 430 mμ, das dem des Natriumsalzes entspricht. 1-Isopropylazulen verschiebt sein Maximum um 30 mμ nach längeren Wellen. Nitrosobenzol wird von β-Dextrin als grün gefärbtes Monomeres eingeschlossen. Für diese Tatsache sind einerseits Dipol- bzw. Dispersionskräfte verantwortlich, andererseits sterische Gründe — das Dimere ist zu groß, um in dem vorhandenen Hohlraum Platz finden zu können.

Jod bildet mit α-Dextrin eine außerordentlich tief gefärbte EV. von chinhydronähnlichem Aussehen, deren Spektrum im Sichtbaren dem des Joddampfes ähnelt. Die Jodbande mit dem Maximum bei 500 mμ, die dem Zerfall der J_2-Molekel in ein normales und ein angeregtes Jodatom entspricht[3]), ist nach längeren Wellen verschoben und stark intensiviert. Dies weist daraufhin, daß die J-J-Bindung stark aufgelockert ist. Die EV. zeigt ausgeprägten Dichroismus.

Im Röntgenogramm nach der Aufnahmetechnik von W. BORCHERT[4]) treten scharfe eindimensionale Schichtlinien auf, die eine zusammenhängende J_x-Molekel ($x > 10$)[5]) oder Polyjodidion mit einem J-J-Abstand von 3,06 Å erweisen. Die Jodketten erstrecken sich innerhalb der vom Grundgitter gebildeten Kanäle über größere Bereiche. Die kovalente J-J-Bindung mit einem Abstand von 2,66 Å ist durch Resonanzkräfte aufgehoben und durch eine Einelektronenbindung zwischen jedem der einzelnen Jodatome ersetzt. Die Glieder der ganzen Resonanzeinheit sind also jeweils durch 0,5-Bindungen verkoppelt, ähnlich den Polyenen, zwischen deren Mittelgliedern jeweils nahezu 1,5-Bindungen durch Resonanz stabilisiert sind. Die magnetische Untersuchung zeigt keine Änderung des Diamagnetismus.

Mit β-Dextrin bildet Jod eine braune EV., aus der sich das Jod jedoch zum großen Teil extrahieren läßt. Es treten keine eindimensionalen Schichtlinien auf. Mit γ-Dextrin wird keine EV. erhalten. Das verschiedene Verhalten der drei Dextrine ist ein Hinweis darauf, daß die Kanäle, in denen die verschiedenen EK. fixiert werden, tatsächlich durch die Mitten der Dextrinringe verlaufen. In dem größeren Hohlraum des Hepta- bzw. Okta-glucans kann das Jod nur noch schwach bzw. gar nicht mehr festgehalten werden.

Das Absorptionsspektrum des Amylose-Jod-Komplexes (Abb. 1) zeigt weitgehende Übereinstimmung mit dem des α-Dextrins. Die Amylose in ihrer V-Form[6]) — Schraubenmodell — dürfte daher das Jod in dem gleichen Molekularzustand enthalten. Dasselbe gilt für die blauen Adsorptionsverbindungen des Jods an Zellulose, Polyvinylalkohol, Nylon und andere makro-molekulare Stoffe. Cholsäure bildet mit Jod eine kristallisierte blaue EV., deren Spektrum mit dem der Jodamylose identisch ist. Es ist damit sehr wahrscheinlich gemacht, daß die Choleinsäuren tatsächlich Kanaleinschlußverbindungen sind[7]).

Möglicherweise repräsentieren die zahlreichen anderen bekannten blauen Jodfarben den gleichen Verbindungstyp wie das Jod-α-Dextrin.

Chemisches Institut der Universität Heidelberg.

FRIEDRICH CRAMER.

Eingegangen am 8. März 1951.

[1]) FREUDENBERG, K., u. F. CRAMER: Ber. dtsch. chem. Ges. 83, 296 (1950).
[2]) Vgl. SCHEIBE, G., u. D. BRÜCK: Z. Elektrochem. 54, 403 (1950). — FOERSTER, THEODOR: Z. Elektrochem. 45, 548 (1939). — CRUSE, K., u. R. MITTAG: Z. Elektrochem. 54, 418 (1950).
[3]) KORTÜM, G., u. G. FRIEDHEIM: Z. Naturforschg. 2a, 20 (1947).
[4]) BORCHERT, W., u. H. v. DIETRICH: Noch unveröffentlicht.
[5]) Vgl. STEIN, R. S., u. R. E. RUNDLE: J. chem. Physics 16, 195 (1948). — WEST, C. D.: J. chem. Physics 15, 689 (1947). — GILBERT, G. A., u. J. V. R. MARRIOT: Trans. Faraday Soc. 44, 84 (1948).
[6]) FREUDENBERG, K., E. SCHAAF, G. DUMPERT u. TH. PLOETZ: Naturwiss. 27, 850 (1939). — RUNDLE, R. E.: J. Amer. chem. Soc. 69, 1769 (1947).
[7]) Vgl. SCHLENK jr., W.: Fortschr. chem. Forsch. 2, 107 (1951).

Trennung von Abkömmlingen der Adenosintriphosphorsäure (ATP) durch Verteilungschromatographie in Filterpapier.

Im Zusammenhang mit Untersuchungen über die Rolle der ATP bei der Muskelkontraktion, insbesondere ihrer Wechselwirkung mit den „kontraktilen" Proteinen der Myosingruppe, haben wir uns mit der Trennung der Ab- und Umbauprodukte dieses Nukleotids befaßt. Die von LOHMANN[1]) angegebene Methode zur Bestimmung von Phosphorverbindungen durch Aufnahme der Hydrolysenkurven, die in bestimmten Fällen die Unterscheidung von Komponenten eines Gemisches bekannter Substanzen gestattet, eignet sich z. B. zur Unterscheidung der ATP von der Adenosindiphosphorsäure (ADP) nicht. Ein Vorschlag, dieses Problem auf fermenttechnischer Grundlage zu lösen, stammt von NEEDHAM[2]) (vgl. KALCKAR):

$$2\,\text{ADP} \xrightarrow{\text{Myokinase}} \text{ATP} + \text{A-5-MP (Adenosin-5-Monophosphorsäure)}$$

$$\text{A-5-MP} \xrightarrow{\text{Desaminase}} \text{Inosinsäure} + NH_3$$

$$\text{Inosinsäure} \xrightarrow{\text{hydrolysiert.}} \text{Hypoxanthin} \xrightarrow{\text{Xanthinoxydase}} \text{Harnsäure (293 m}\mu\text{).}$$

Schließlich konnten PLAUT, KUBY und LARDY[3]) die Löslichkeit von Phosphorsäureestern in organischen Solventien (z. B. Oktanol) durch langkettige Amine (C_{16}—C_{18}) soweit erhöhen, daß die Verteilungskoeffizienten gegen Wasser für A-5-MP, ADP und ATP (1,6—2,2; 7,8; 43,2) eine Trennung ermöglichen sollten. Eine papierchromatographische Durchführung dieser Methode stößt allerdings auf Schwierigkeiten, offenbar darum, weil die zu trennenden Phosphorsäureester vom Filterpapier nicht unwesentlich festgehalten werden. So fanden wir keine Wanderung der untersuchten Substanzen aus Oktanol-Hexadecylamin oder Oktanol-Diisoamylamin; allgemein waren die R_F-Werte $\left(\text{Wanderung}\,\frac{\text{Substanz}}{\text{Lösungsmittelfront}}\right)$ bei Verwendung

von nicht wassermischbaren Lösungsmitteln zu klein. Unter einer Vielzahl von Solventien, bzw. Gemischen, die wir auf ihre Verwendbarkeit hin untersucht haben[4]), erwies sich für eine papierchromatographische Trennung von ATP-Abkömmlingen das wassermischbare System *Isobuttersäure:Wasser:Eisessig* (100:50:1) am besten geeignet; nur in einzelnen Fällen haben wir ein Gemisch *Butanol:Glykol:Eisessig:Wasser* (5:5:2:1) verwendet. Fig. 1 zeigt die Abtrennung der Spaltstücke, die bei der Hydrolyse von ATP mit 1 n Salzsäure bei 100° entstehen: der große Unterschied der R_F-Werte in dem zuletzt

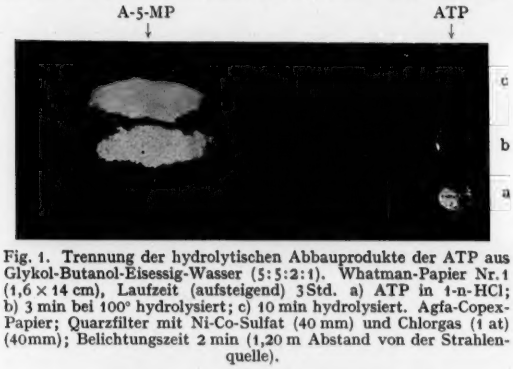


Fig. 1. Trennung der hydrolytischen Abbauprodukte der ATP aus Glykol-Butanol-Eisessig-Wasser (5:5:2:1). Whatman-Papier Nr. 1 (1,6 × 14 cm), Laufzeit (aufsteigend) 3 Std. a) ATP in 1-n-HCl; b) 3 min bei 100° hydrolysiert; c) 10 min hydrolysiert. Agfa-Copex-Papier; Quarzfilter mit Ni-Co-Sulfat (40 mm) und Chlorgas (1 at) (40mm); Belichtungszeit 2 min (1,20 m Abstand von der Strahlenquelle).

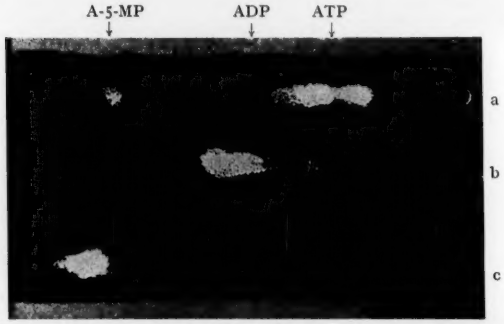


Fig. 2. Trennung von A-5-MP, ADP und ATP aus Isobuttersäure-Wasser-Eisessig (100:50:1). Schleicher-Schüll-Papier 2043b (4 × 50 cm), Laufzeit (absteigend) 30 Std. a) ATP, mit etwas A-5-MP verunreinigt; b) ADP mit Spuren ATP; c) A-5-MP.

genannten Lösungsmittel-System erlaubte hier die Ausführung der aufsteigenden Chromatographie an schmalen Filterpapierstreifen (1,6 × 14 cm) mit verbreiterten Enden in normalen Reagenzgläsern [zur Methode vgl. ROCKLAND und DUNN[5])]. Fig. 2 zeigt die Wanderung von ATP ($R_F = 0{,}15$) und A-5-MP ($R_F = 0{,}33$) im absteigenden Chromatogramm aus dem Isobuttersäuregemisch. Nach Behandeln von ATP mit dreimal umgefälltem Myosin bis zum Stillstand der Phosphatabspaltung durch die ATPase, der nach Freisetzung von 1 *P* eintritt[6]), und Isolierung des Nukleotids über das Bariumsalz, findet man im Chromatogramm einen neuen Flecken ($R_F = 0{,}22$), den wir als ADP deuten, während der ATP-Flecken fast völlig verschwunden ist. Adenosin-3-Phosphorsäure trennt sich in unserem Chromatogramm in Übereinstimmung mit den Befunden amerikanischer Autoren[7]) in zwei Komponenten, denen möglicherweise eine Isomerie zugrunde liegt (vgl. SZENT-GYORGYI). Ebenso finden wir weitgehend reines ATP nach diesem Verfahren inhomogen. Die phosphorfreien Spaltstücke Adenosin und Adenin trennen sich infolge ihrer viel höheren R_F-Werte aus dem Isobuttersäuregemisch von den Phosphorsäureestern leicht ab. Zum Nachweis der getrennten Nukleotidflecken im Papierchromatogramm wurden die getrockneten Filterpapierstreifen (Whatman Nr. 1 oder 4; Schleicher-Schüll 2043a und b) auf Photopapier aufgepreßt und mit gefiltertem Licht einer Quarzlampe (Licht der Wellenlänge 253 mμ)[8]) etwa 2 min durchstrahlt. Nach dem Entwickeln erscheinen dann die Flecken als weiße Stellen auf schwarzem Grund. Zur quantitativen Bestimmung größerer Mengen (mehrere γ) wurde der in der in einem Mikroskop-Kreuztisch fixierte Papierstreifen vor dem Spalt einer Photozelle mit Sekundär-Elektronen-Vervielfacher[9]) vorbeigedreht und der Ausschlag des Spiegelgalvanometers je mm registriert[10]); kleinere Mengen (bis zu 0,05 γ/cm³ bei 40 mm Schichtdicke der Quarzküvette) konnten in ähnlicher Weise nach Elution mit Wasser bestimmt werden.

Pharmakologisches Institut der Universität Mainz.

FRITZ TURBA und MARGIT TURBA.

Eingegangen am 8. März 1951.

Der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft danken wir ergebenst für die uns zur Verfügung gestellten Mittel. Bei der Darstellung der ADP hat uns Fräulein I. KÖHLER geschickt unterstützt.

[1]) LOHMANN, K.: Biochem. Z. **194**, 306 (1928).
[2]) NEEDHAM, D. M.: Proc. roy. Soc. B **137**, 77 (1950).
[3]) PLAUT, G. W. E., ST. A. KUBY u. H. A. LARDY: J. of biol. Chem. **184**, 243 (1950).
[4]) Nach Abschluß unserer Versuche wird uns soeben eine Arbeit von W. E. COHN und C. E. CARTER zugänglich [J. Amer. chem. Soc. **72**, 4273 (1950)], in der von einer Trennung von AMP, ADP und ATP aus verdünnt salzsauren Lösungen an Anionenaustauschersäulen sowie durch Papierchromatographie aus dem System Isoamylalkohol-saures Phosphat berichtet wird; im letzteren Fall, in dem die Trennschärfe weniger gut ist, läuft ADP mit ATP, kann aber dann unter Verwendung von sek. Phosphat getrennt werden.
[5]) ROCKLAND, B., u. M. S. DUNN: Science (Lancaster, Pa.) **109**, 539 (1949).
[6]) NEEDHAM, D. M.: Biochemic. J. **36**, 113 (1942). — BAILEY, K.: Biochemic. J. **36**, 121 (1942) ATP — ADP.
[7]) CARTER, C. E.: J. Amer. chem. Soc. **72**, 1466 (1950). Vgl. W. E. COHN: J. Amer. chem. Soc. **72**, 1471 (1950).
[8]) HOTCHKISS, R. D.: J. of biol. Chem. **175**, 315 (1948).
[9]) Fa. G. Maurer, Kohlberg, Kreis Nürtingen.
[10]) Zur Methode vgl. B. ROCKLAND u. M. S. DUNN: J. Amer. chem. Soc. **71**, 4121 (1949).

Trennung von Abkömmlingen der Adenosintriphosphorsäure (ATP) durch Ionophorese in Filterpapier.

Im Zusammenhang mit der papierchromatographischen Trennung der Adenin-Phosphate (s. vorangehende Notiz)

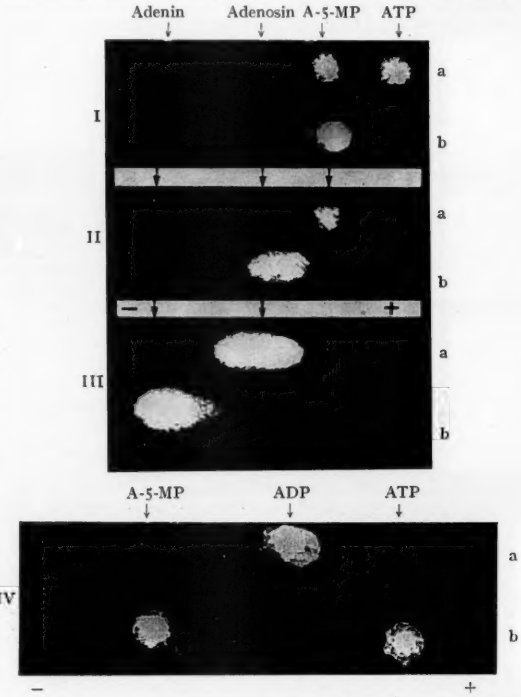


Fig. 1. Ionophoretische Wanderung von Ia) ATP mit A-5-MP verunreinigt; b) A-5-MP. IIa) A-5-MP; b) Adenosin. IIIa) Adenosin; b) Adenin. Schleicher-Schüll-Papier 2043b (4,5 × 15 cm); Azetatpuffer $\mu = 0{,}1$, $p_H = 4$; Wanderungszeit etwa 3 Std; 110 V Gleichspannung an den Kohlestäben von 20 cm Länge. IVa) ADP; b) ATP und A-5-MP; Scheicher-Schüll-Papier 2043b (4,5 × 30cm); Wanderungszeit etwa 16 Std.

haben wir in Analogie zur glatten elektrophoretischen Trennung der Serumproteine[1]) die Möglichkeit einer ionophoretischen Trennung dieser Stoffe untersucht. Die Versuchsanordnung[2]) entspricht der unserer früheren Arbeit[1]). Es zeigte sich, daß bei Verwendung von Azetatpuffer ($p_H = 4{,}0$) die Purinbase Adenin, weniger schnell auch Adenosin, kathodisch, dagegen A-5-MP, ADP und ATP (in dieser Reihenfolge mit zunehmender Geschwindigkeit) zur Anode wandert. Wie aus Fig. 1 hervorgeht, ist die Trennung unter den angegebenen Versuchsbedingungen schon nach wenigen Stunden vollständig. Der Nachweis der Nukleotidflecken erfolgte, wie oben angegeben, durch „Kopieren" auf Photopapier im Licht der Wellenlänge 253 mμ. Die Trennschärfe ist fast ebenso gut wie bei der papierchromatographischen Trennung, die Versuchsdauer aber kürzer. Da die Reihenfolge der einzelnen Substanzen bei beiden Verfahren zum Teil verschieden ist, kann eine Kombination nach Art der 2-dimensionalen Papierchromatographie (zuerst Verteilungschromatographie in Filterpapier, wobei nach Wegtrocknen des Lösungsmittels kein Neutralsalz hinterbleibt; danach Ionophorese der einzelnen, im Photogramm nachgewiesenen Flecken in Streifen senkrecht zur Wanderungsrichtung des Chromatogramms) in einzelnen Fällen eine beträchtliche Erhöhung der Selektivität mit sich bringen.

Pharmakologisches Institut der Universität Mainz.

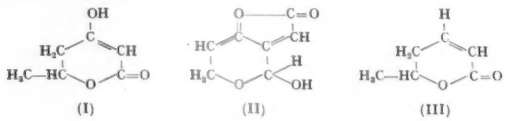
FRITZ TURBA und HANS-JOACHIM ENENKEL.

Eingegangen am 8. März 1951.

[1]) TURBA, F., u. H. J. ENENKEL: Naturwiss. **37**, 93 (1950).
[2]) Vgl. WIELAND, TH.: Angew. Chem. **60**, 313 (1948).

Inaktivierung von Patulin und Parasorbinsäure.

An gleicher Stelle[1]) wurde bereits kurz berichtet, daß *Patulin*, ein von *Penic. expansum* gebildetes Antibiotikum, auf den als Teststamm benutzten *Bac. mycoides* mit wechselndem Alter verschieden stark einwirkt. Dabei erwies sich die gleiche Konzentration zunächst hemmend, später jedoch fördernd. Es konnte nun nachgewiesen werden[2]), daß oxydiertes Patulin gleichfalls eine fördernde Wirkung ausübt. Zur Erklärung des Vorganges auf der Testplatte kann man daher annehmen, daß der Hemmstoff durch den wachsenden Organismus ebenfalls oxydiert wird und so fördernd wirkt. Im gleichen Zusammenhang konnte unter Verwendung von *a-Naphthol* und *Dimethylparaphenylendiaminchlorhydrat*[3]) (Merck) nachgewiesen werden, daß zum Zeitpunkt des Eintretens der Förderung die Oxydaseproduktion der Bakterienkultur ein Maximum erreicht, später jedoch wieder zurückgeht. Mit dem Abfall der Oxydaseproduktion vergrößert sich wiederum die Hemmzone und erreicht bei der 48 Std alten Kultur etwa den gleichen Wert wie bei der Einwirkung des Hemmstoffes auf den keimenden Organismus. Daraus kann man schließen, daß bei der Beeinflussung des Testbakteriums durch Patulin ein Teil dieses Stoffes durch die Organismen laufend zerstört wird. Dieser Anteil ist abhängig von der Oxydaseproduktion des Teststammes, d.h. von der Zahl der Mikroorganismen und dem Alter der Kultur.



(I) (II) (III)

Im gleichen Zusammenhang interessierte eine von JONES und WHITING[4]) synthetisierte Substanz, die als eine dem Auxin a und b nahe stehende Verbindung beschrieben wird und beim Erhitzen mit HCl konz. in eine Oxyverbindung übergeht (I). Diese weist zugleich eine enge Verwandtschaft zum *Patulin* (II) und, wie wir weiter feststellen konnten, auch zu der von KUHN[5]) aus Vogelbeeren isolierten *Parasorbinsäure* (III) auf. Die letztgenannte Verbindung beeinflußt den als Teststamm angegebenen *Staph. aureus* etwa in gleicher Stärke wie das Patulin. JONES und WHITING überließen uns freundlicherweise eine kleine Probe der von ihnen synthetisierten Substanz, so daß wir ihre Wirkung auf *Staph. aureus* und *Bac. mycoides* austesten konnten. Dabei zeigte sich in den Konzentrationsstufen von 0,05 γ bis 50 mg/cm³ keinerlei Beeinflussung. Aus diesem Ergebnis kann also gefolgert werden, daß die Parasorbinsäure, die sich von der synthetisierten Substanz nur durch den Substituenten am C-Atom 1 unterscheidet, beim Austausch des Wasserstoffes mit einer Hydroxylgruppe inaktiviert wird.

Institut für Mikrobiologie der Universität Göttingen (Direktor: Prof. Dr. A. Rippel-Baldes).

KARL HEINZ WALLHÄUSSER.

Eingegangen am 6. März 1951.

[1]) WALLHÄUSSER, K. H., u. A. RIPPEL-BALDES: Naturwiss. **37**, 450 (1950).
[2]) WALLHÄUSSER, K. H.: Arch. Mikrobiol. **1951**.
[3]) SCHULTZE, W. H.: Zbl. Bakter. I Orig. **56**, 544 (1911).
[4]) JONES, E. R. H., u. M. C. WHITING: J. chem. Soc. Lond. **1949**, 1419. Ref. Ber. Biol. **69**, 132 (1950).
[5]) KUHN, R., D. JERCHEL, F. MOEWUS, E. F. MÖLLER u. H. LETTRÉ: Naturwiss. **31**, 68 (1943).

Zur Polarisationsoptik der Fazettenaugen von Insekten.

VON FRISCH[4]),[5]),[6]),[7]) zeigte in einer Reihe von Arbeiten, daß die Bienen die Fähigkeit besitzen, die Schwingungsrichtung linear polarisierten Lichtes zu erkennen. Dieses Ergebnis konnten H. AUTRUM und H. STUMPF[1]) durch Messung der Belichtungspotentiale bei Reizung mit polarisiertem Licht bestätigen. Letztgenannte Autoren konnten diese bisher unbekannte Fähigkeit auch bei der Fliege Calliphora erythrocephala, SCHIFFERER [vgl. v. FRISCH[7])] und VOWLES[8]) bei Ameisen und T. H. WATERMAN[9]) bei Limulus nachweisen. Aus den Messungen AUTRUMs und STUMPFs ging weiterhin hervor, daß weder dem Auge als Ganzem noch den einzelnen Ommatidien ein Analysator vorgelagert ist. Dagegen sprechen WATERMANs Ergebnisse für einen solchen in jedem Ommatidium. Vielleicht sind die Verschiedenheiten auf die unterschiedliche morphologische und physiologische Gestaltung der Sehorgane zurückzuführen.

Nachdem es dem einen von uns gelungen war, Bienen auf polarisiertes Licht zu dressieren, wurde versucht, die histophysiologischen Voraussetzungen für die Erkennung der Schwingungsrichtung des linear polarisierten Lichtes zu ergründen.

Die Cornea, ohne Weichteile, zeigte polarisationsoptisch im wesentlichen dasselbe Verhalten wie andere chitinöse Kutikularstrukturen. Ein parallel zur Ommatidienachse einfallender Strahl erleidet in seiner Schwingungsebene keinerlei Veränderung beim senkrechten Durchgang durch die Corneafazetten. In dieser Richtung herrscht Isotropie. Quer- oder Schrägschnitte durch die Cornea zeigen zwischen gekreuzten Nicols lebhafte Doppelbrechungserscheinungen. Bei Hymenopteren war ziemlich einheitlich eine gleichmäßige Schichtung aus leicht gewellten, dunkel bleibenden und aufleuchtenden Lagen zu beobachten. Den Dipteren dagegen fehlen die isotropen Schichten.

Von den Kristallkegeln wurden nur solche des eukonen und pseudokonen Typs untersucht. Sowohl an durch Zerzupfen in isotonen Flüssigkeiten isolierten Kegeln, wie auch an Längs- und Querschnitten durch die entsprechende Region konnten keinerlei Doppelbrechungserscheinungen gefunden werden. Dem dioptrischen Apparat kann daher keinerlei Analysatorwirkung zugesprochen werden. Diese Feststellung steht in vollem Einklang mit den Ergebnissen von AUTRUM und STUMPF.

Lange konnten auch weder in den Sehstäbchen noch in den Sehzellen irgendwelche polarisationsoptische Erscheinungen gefunden werden. Das lag daran, daß die Doppelbrechung durch Imbibition mit Kanadabalsam und anderen Medien von hohem Brechungsindex aufgehoben wurde. In Gefrierschnitten von 0,05 bis 0,1 mm Dicke in Wasser, Glyzerin und Glyzeringelatine zeigten die Sehstäbe aller untersuchten Insekten deutliche Doppelbrechungserscheinungen. Dichroitische Absorption wie beim Turmalin oder bei Polarisationsfolien wurde dagegen niemals beobachtet.

Die Retinula der *Zweiflügler* besteht aus acht Sehzellen, von denen eine rückgebildet ist. Die übrigen sieben bilden alle an ihrer axialen Seite je ein Rhabdomer aus. An Querschnitten zeigen diese sieben Sehstäbchen eine ganz bestimmte gesetzmäßige Anordnung, die bei den untersuchten Arten wenig variiert (Fig. 1). Die Schwingungsrichtungen des Lichts in den einzelnen Rhabdomeren sind in gesetzmäßiger Weise verschieden orientiert (Fig. 2 und 3). Ein Vergleich der Schwingungsrichtungen in benachbarten Ommatidien zeigte ganz ähnliche Lagen. Auch bei systematisch so weit voneinander entfernt stehenden Formen, wie Calliphora erythrocephala und Volucella inanis, war die Ähnlichkeit in der Lage

der Schwingungsrichtungen im Einzelommatidium überraschend gleich. In allen Fällen und bei allen untersuchten Dipteren weist die Schwingungsrichtung des schnelleren Strahls, dem der kleinere Brechungsindex n_α entspricht, ins Innere der Rhabdomerengruppe.

Jedes Stäbchen löscht zwischen gekreuzten Polarisatoren viermal abwechselnd mehr oder weniger vollkommen aus. Beide Schwingungsrichtungen stehen fast nie senkrecht aufeinander, vielmehr bilden sie miteinander Winkel von annähernd 80 bzw. 100°. Vollkommene Auslöschung tritt nur

Fig. 1. Volucella inanis. Querschnitt durch zwei Retinulae. Über dem Polarisator allein. Die umgebenden großen hellen Räume sind Tracheen.

Fig. 2. Wie Fig. 1, zwischen gekreuzten Nicols. Einige der in Fig. 1 sichtbaren Rhabdomere leuchten auf, während andere auslöschen. Infolge längerer Expositionszeit erscheinen auf diesem Mikrophotogramm die aufleuchtenden Rhabdomere viel dicker und heller, als es den natürlichen Verhältnissen entspricht.

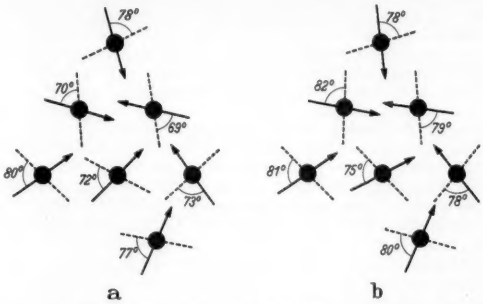


Fig. 3. Volucella inanis. Lage der Schwingungsrichtungen in den Stäbchen zweier benachbarter Ommatidien. Die ausgezogenen Pfeile stellen die Schwingungsrichtung des schnelleren Strahles n_α, die gestrichelten Linien die von n_γ dar.

dann ein, wenn n_α parallel der Schwingungsrichtung des Analysators verläuft. In der um 80° dagegen liegenden Richtung wird nur ein Minimum der Helligkeit beobachtet.

Diese Erscheinungen sind in der Kristalloptik unbekannt. Sie lassen sich nur unter der Annahme erklären, daß die beiden fast senkrecht zueinander schwingenden Wellen in jedem Stäbchen getrennt voneinander verlaufen, wobei mindestens die eine Welle zusätzlich noch eine Drehung der Polarisationsebene erfährt. Um die Trennung zu verstehen, muß man weiter annehmen, daß die Stäbchen parallel ihrer Längsrichtung in eine doppelbrechende und eine isotrope, aber optisch aktive Schicht unterteilt sind, und daß der Brechungsindex dieser Schicht zahlenmäßig zwischen den beiden Brechungsindizes der doppelbrechenden Substanz liegt. Das Licht, das durch den Kegel in ein Stäbchen tritt, wird in der doppelbrechenden Schicht in zwei senkrecht zueinander schwingende Wellen zerlegt, von denen die schnellere (n_α) in die optisch aktive Schicht hineingebrochen und dort gedreht wird, die langsamere (n_γ) jedoch an der Grenze zwischen beiden Schichten in die doppelbrechende totalreflektiert wird und in ihr bis ans Ende des Stäbchens verläuft. Das Stäbchen wirkt somit ähnlich wie ein Nicolsches Prisma.

Es ist wahrscheinlich, daß die doppelbrechende Substanz das Innere des Stäbchens bildet und von der optisch aktiven wie von einem zylindrischen Mantel umgeben wird. Denn in Querschnitten erscheint jedes Stäbchen, ohne Analysator betrachtet, als helles, scharf umrandetes Scheibchen, zwischen gekreuzten Polarisatoren ist es dagegen ohne scharfe Begrenzung und von kleinerem Durchmesser.

In den Ommatidien der *Honigbiene* und anderer Hautflügler findet sich axial in der Retinula ein einheitlicher Sehstab, das Rhabdom, der aus den verschmolzenen Rhabdomeren besteht. Zwischen gekreuzten Polarisatoren leuchtet das Rhabdom unter jedem Azimut ohne Helligkeitswechsel auf. Meist ist es durch einen dunklen Interferenzstreifen geteilt, oft kann man aber auch deren drei, in Form eines Y beobachten. Diese Erscheinungen beruhen darauf, daß die Lichtwellen, die aus allen Rhabdomeren eines Rhabdoms kommen, wegen der Kleinheit des Stäbchenquerschnitts sich überlagern.

Untersucht man Bienenaugen, die knapp vor der Basalmembran abgekappt sind und ihre Cornea und Kristallkegelschicht behalten haben, im hängenden Tropfen derart, daß das Licht durch die Kegel in die Sehstäbchen tritt, so heben sich die Querschnitte der Stäbchen zwischen gekreuzten Polarisatoren als helleuchtende Punkte von den vollkommen dunkel bleibenden Sehzellen ab. Weil der Unterschied in den Brechungsindizes der Stäbchen ($n \sim 1{,}5$, Doppelbrechung $n_\gamma - n_\alpha = 0{,}0005$ bis $0{,}001$) und des Zelleninhalts ($n \sim 1{,}3$) sehr groß ist, können die im Stäbchen verlaufenden Lichtstrahlen nur dann in die Zellen hinausgebrochen werden, wenn sie mit der Stäbchenrichtung einen recht großen Winkel bilden. Das trifft zu, sobald man die als Sammellinsen wirkenden Kegel beseitigt. Dann erkennt man um jeden Stäbchenquerschnitt zwei diametral gegenüberliegende Aufhellungen in den Sehzellen. Diese Aufhellungen werden zwischen gekreuzten Polarisatoren ausgelöscht bei einer Drehung des Mikroskoptisches um je 180°, wiederum im Widerspruch zur Kristalloptik. Um dichroitische Absorption handelt es sich nicht. Auch diese Erscheinung findet eine erschöpfende Erklärung durch die beiden bei den Fliegenaugen gemachten Annahmen.

Herrn Professor v. Frisch danken wir für die Anregung zu der Untersuchung.

Aus dem Institut für Mineralogie und Kristallographie und aus dem Zoologischen Institut der Universität München.

G. Menzer und K. Stockhammer.

Eingegangen am 17. März 1951.

[1]) Autrum, H., u. H. Stumpf: Z. Naturforschg. **5** b, H. 2 (1950).
[2]) Dietrich, W.: Z. Zool. **92** (1909).
[3]) Exner, S.: Physiologie der fazettierten Augen von Krebsen und Insekten. Leipzig u. Wien 1891.
[4]) Frisch, K. v.: Österr. zool. Z. **1** (1946).
[5]) Frisch, K. v.: Naturwiss. **35**, 12 (1948).
[6]) Frisch, K. v.: Experientia **5** (1949).
[7]) Frisch, K. v.: Experientia **6** (1950).
[8]) Vowles, D. M.: Nature (Lond.) **165**, 282 (1950).
[9]) Waterman, T. H.: Science (Lancaster, Pa.) **111**, No 2880 (1950).

Zur Entwicklungsgeschichte zentrischer Meeresdiatomeen.

Die zytologische Untersuchung der zentrischen Süßwasserdiatomee *Melosira varians*[1]) hatte die Auxospore als auskeimende Zygote, das Ergebnis der Verschmelzung eines Spermatozoidkerns mit dem unter zweimaligem Kernabort in der Auxosporenmutterzelle reduzierten Oogonkern, nachgewiesen. Die Antheridien entstehen durch zwei, seltener eine oder drei bis vier Differenzierungsteilungen aus einer vegetativen Zelle und machen ebenfalls eine Meiosis durch, deren vier Gonen sich von der Masse des Antheridienplasmas abgrenzen und als chromatophorenlose, eingeißlige Spermatozoiden entlassen werden. Männliche und weibliche Gametangien können monözisch im gleichen Faden auftreten. Das Vorkommen monadoider Sexualzellen bei Melosira legte die Vermutung nahe, daß die wohlbekannten — im allgemeinen allerdings chlorophyllführenden — Mikrosporen der zentrischen Meeresdiatomeen ebenfalls Spermatozoiden seien, mithin auch hier der Auxosporenentstehung eine Oogamie vorausgehe. Ein Aufenthalt an der Nordsee im Spätsommer 1950 *)

*) Für die Unterstützung dieser Reise durch eine Beihilfe bin ich der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zu Dank verpflichtet.

brachte reichlich Belege für diese Annahme, wenn auch alle erforderlichen Daten für den Entwicklungsgang einer Form nicht zu erhalten waren. Die Lebendbeobachtungen an Planktonfängen ließen sich zwar direkt auswerten, die Durcharbeitung des sehr reichen fixierten, meist mit einer modifizierten Karminessigsäure-Methode[2]) behandelten zytologischen Materials wird jedoch noch einige Zeit in Anspruch nehmen; daher sollen die wichtigsten bisherigen Ergebnisse kurz dargestellt werden.

Legt man im folgenden die sich aus der genannten Annahme ergebende Terminologie zugrunde, so sind *Lithodesmium, Bellarochea, Streptotheca* und *Biddulphia rhombus* monözisch, können also Auxosporenmutterzellen und Mikrosporen im gleichen Zellverband bilden. Bei den nicht kettenbildenden Formen *Biddulphia granulata, Cerataulus Smithii* und *Aulacodiscus Argus* traten männliche und weibliche Geschlechtsorgane in ausgesprochen epidemischer Form nach der Sturmflut vom 29. 8. 1950 (List, Sylt) und nur im Laufe von etwa zwei Tagen nebeneinander auf. Damit sind für diese Arten die Voraussetzungen für eine Oogamie in dem gleichzeitigen und für die vier letztgenannten auch durch den offenbar gleichen Ursachenkomplex hervorgerufenen Auftreten der Sexualzellen gegeben. Bei *Melosira sulcata* dagegen wurden — ebenfalls nach der Springtide — nur Auxosporenmutterzellen und Auxosporen, nicht aber Antheridien beobachtet.

Die Antheridien entstehen bei den genannten Biddulphien durch Aufgliederung des Inhaltes einer vegetativen Zelle in zwei oder vier (*Bidd. rhombus*) bzw. vier oder acht (*Bidd. granulata*) mit rückgebildeten Schachtelmembranen abgegrenzten Zellen, die dann jede die Reduktionsteilungen durchmachen. Da die Chromosomen in der Größe an etwa die von *Allium* heranreichen, ließ sich aus deren Formwechsel die Tatsache des meiotischen Charakters der Teilungen sicherstellen. Die Gonen werden, wahrscheinlich unter Ausschluß eines Teils des Antheridienplasmas, zu Spermatozoiden. Leider liegen gerade hier keine Lebendbeobachtungen vor, so daß über Begeißelung und Chromatophorengehalt der Körper nähere Angaben nicht möglich sind. Durch die geringe Zahl der Mikrosporen in einem Mikrosporangium unterscheiden sich diese kleinen *Biddulphia*-Arten von den großen Planktonformen, doch zeigen die Beobachtungen P. Schmidts[3]) (s. auch unten) an *Bidd. sinensis*, daß auch hier die Reduktionsteilung am Anfang der Entwicklung des Einzelantheridiums liegt, daß also in diesem Falle die Gonen noch weitere Mitosen während der Reifung zum Spermatozoid durchmachen. Bei *Lithodesmium, Bellarochea, Streptotheca, Aulacodiscus* sowie *Coscinodiscus Grani* wird der ganze Inhalt einer vegetativen Zelle in zahlreiche, im Normalfall eingeißlige Mikrosporen aufgeteilt, die (bei *Aulacodiscus* nicht sichergestellt) Chromatophoren führen. Die Lage der Meiosis konnte bisher nicht mit Sicherheit festgestellt werden; so besteht die Möglichkeit, daß bei diesen letzten Formen oder einigen von ihnen, etwa nach phylogenetischem Verlust der Wände der Einzelantheridien die Reduktionsteilung erst bei der vorletzten oder einer der früheren spermatogenen Teilungen beginnt.

Am Beginn der Auxosporenbildung liegt bei allen genannten Arten (nur bei *Coscinodiscus* nicht gesehen) die Reduktionsteilung. Dabei verhält sich *Bidd. granulata* formal wie jeder der Kopulanten einer pennaten Diatomee des Normaltyps. Nach dem ersten Meiose-Schritt erfolgt eine Zellteilung ohne Membranbildung und darauf in jeder der beiden entstandenen Auxosporenmutterzellen die zweite Teilung, an deren Ende ein Kern zugrunde geht. So enthält jede der sich schließlich voneinander trennenden Schalenhälften ein einkerniges, nicht „individualisiertes" Ei. Wenn ich die Beobachtungen P. Schmidts[3]) an *Bidd. sinensis* richtig deute und die Angaben Bergons[4]) für *Bidd. mobiliensis* heranziehe, verhalten sich diese Arten ebenso. *Bidd. rhombus* dagegen, von der ein außerordentlich reiches Material zur Verfügung stand, macht gleich zu Anfang eine inäquale Zellteilung durch, die Auxosporenmutterzelle gibt einen häufig noch zur Kernteilung befähigten Richtungskörper ab und erfährt dann nach der zweiten Teilung Kernabort. Es bleibt also nur eine Eizelle mit dem zugehörigen Kern. Hier wurde auch der Spermakern im Oogon und seine Verschmelzung mit dem Eikern mehrfach gesehen. Die sich auswölbende Auxospore trägt zunächst noch beide Schalen der Mutterzelle; einem der Hörner der Hypotheca hängt der Richtungskörper von innen an. Ähnlich dürften die Dinge bei *Cerataulus* ablaufen. Alle übrigen Formen verhalten sich während der Reduktionsteilung wie *Melosira varians*; es geht also nach jedem meiotischen Teilungsschritt ein Kern im Plasma der Mutterzelle zugrunde, der dritte übrigbleibende wird zum Oogon- bzw. Eikern. Im Gegensatz zu den meisten übrigen Centrales wird aber bei *Streptotheca, Lithodesmium* und wahrscheinlich *Bellarochea* das Ei nicht im Oogon befruchtet, sondern tritt als nackte Zelle aus. Bei diesen Formen war dementsprechend die Auxosporenbildung bisher unbekannt. Leider gelang infolge unzureichender Zuchtbedingungen die Weiterkultur dieser Zellen auch nach Zugabe von Mikrosporen nicht. Es gibt also bei den Centrales noch eine Oogamie in ihrer einfachsten, wenn auch in einer angesichts der Verhältnisse bei den Biddulphioideen vielleicht nicht primitiven Form. Daß unter den zentrischen Diatomeen auch apogame oder autogame Auxosporen sowie parthenogenetische Weiterentwicklung von Spermatozoiden oder besondere Mikrosporen mit Zoosporenfunktion vorkommen, ist nach den Arbeiten von Gross[5]), Iygenar und Subrahmanyan[6]), Mujeed[7]) und Braarud[8]) möglich und sogar wahrscheinlich.

Aus der Forschungsstelle des Wasserbauamtes Norden (Norderney), der Biologischen Anstalt Helgoland, List auf Sylt und dem Botanischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt.

Hans Adolf v. Stosch.

Eingegangen am 19. März 1951.

[1]) Stosch, H. A. v.: Nature (Lond.) **165**, 531 (1950). — Ber. dtsch. bot. Ges. **62**, 114 (1950). — Arch. Mikrobiol. (im Druck).
[2]) Stosch, H. A. v.: In Vorbereitung.
[3]) Schmidt, P.: Flora (Jena) **128**, 235 (1933).
[4]) Bergon, P.: Bull. Soc. bot. France **54**, 327 (1907).
[5]) Gross, F.: Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ser. B **228**, 1 (1937/38).
[6]) Iygenar, M. O. P., u. R. Subrahmanyan: J. ind. bot. Soc. **23**, 125 (1944).
[7]) Mujeed, M. A. A.: Current. Sci. **3**, 623 (1935).
[8]) Braarud, T.: Avh. norske Vidensk.-Akad. Oslo, I. Mat.-naturwidensk. Kl. **1944**, Nr. 10.

Über das Leukosin, den Reservestoff der Chrysophyten.

Das durch Klebs[1]) benannte, in den Vakuolen von Chrysomonaden als Reservestoff gelöste Leukosin wurde von Lewis[2]) auch bei Heterokonten und durch Korschikoff[3]) in pennaten und zentrischen Diatomeen aufgefunden. [Für beide Gruppen durch Pascher[4]) bestätigt.] Ohne Kenntnis der zuletzt genannten Arbeiten erwähnte Verfasser[5]) in einer Mitteilung über die Ernährung der Meeresdiatomee *Achnantes longipes* einen das Brechungsvermögen der Vakuole erhöhenden, gelösten Reservestoff. Da dieser bei Mangel an N, P, Fe, Si, Mn oder anderen ihrer Natur nach nicht näher bekannten Minimumstoffen allgemein, wenn auch in verschiedener Menge gebildet wurde, bezeichnete er ihn als wahrscheinliches Kohlenhydrat und wegen seiner selbst in offensichtlich hoher Konzentration geringen osmotischen Wirkung als hochmolekular. Es handelte sich auch hier um Leukosin.

Während eines Aufenthalts an der Nordsee (s. vorstehende Mitteilung) wurden beim Zurückgehen des Diatomeenplanktons ab Mitte August sehr häufig, an der Lichtbrechung der Zellen gemessen, hohe Leukosingehalte in Centrales-Arten beobachtet. Die Konzentration konnte durch Bestimmung der Brennweite der zartwandigen zylindrischen Zellen von *Schroederella Schroederi* und *Rhizosolenia Stotherfoltii* nach der Linsenmethode[6]) unter Auswertung der Beobachtungen nach einem verbesserten Verfahren[7]) abgeschätzt werden. Danach entspricht der Brechungskoeffizient des Zellsaftes dieser Algen maximal dem einer 15 bis 20%igen Inulinlösung. Man kann also mit Leukosingehalten in dieser Höhe (auf Frischgewicht bezogen!) rechnen. Das Leukosin dürfte danach eine hervorragende Rolle als Reservestoff der Planktondiatomeen und über diese im Stoffhaushalt des Meeres spielen.

Die Möglichkeit der chemischen Erfassung dieses Assimilats wurde dann durch die zufällige Beobachtung seiner Ausscheidung in der Vakuole einer stark plasmolysierten *Biddulphia sinensis*-Zelle in Form großer, denen des Inulin ähnlicher Sphärite gegeben (Abb. 1).

Entgegen den älteren Angaben [z. B. [1]), [3])] fällt der Stoff beim Fixieren der Zellen mit Alkohol oder mit Alkohol-Eisessig entweder in feinen Granulationen oder in spröden, glasigen, die Form der Vakuole etwa wiedergebenden Massen amorph aus. Im ersten Falle wird die Zelle milchig trübe, was bei den großen Meeresdiatomeen schon mit bloßem Auge zu sehen ist. Die letztere Art der Ausscheidung findet sich vor allem bei Süßwasserdiatomeen und auch bei Chrysomonaden (*Synura*). Aus lebendem und besser aus mit Alkohol-Eis-

essig fixiertem Material läßt sich das Leukosin in kristallisiertem Zustand innerhalb der Diatomeenzelle zur Abscheidung bringen, und zwar durch konzentrierte Kochsalzlösung in der Kälte in Stunden bis Tagen oder leichter und sicherer durch Erwärmen (5 bis 30 min auf 65°) in 50% Diazetin unter dem Deckglas. Es fällt dann in der Form von „Diskuskristallen" [NÄGELI und SCHWENDENER[8])] aus, die beim weiteren Wachstum durch garbenförmige Auszweigung der Kristallite aus der Diskusebene spharitähnlichen Habitus (wie in der Abbildung) bekommen. Sie sind in Kantenansicht in bezug auf den Radius optisch positiv, in Flächenansicht zunächst neutral, um mit Annäherung an die Spharitenform schwach negativ zu werden. Die sehr charakteristischen Kristallaggregate eignen sich zur mikrochemischen Identifizierung des Leukosins. Diese gelang bei den Süßwasserdiatomeen *Melosira varians*, *Nitschia*-Arten, *Pinnularien* und *Naviculen* sowie *Cymatopleura solea*, d.h. bei allen näher untersuchten großen Formen.

Von den Eigenschaften ist besonders die hohe Wasserlöslichkeit der amorphen wie der kristallinen Form zu nennen.

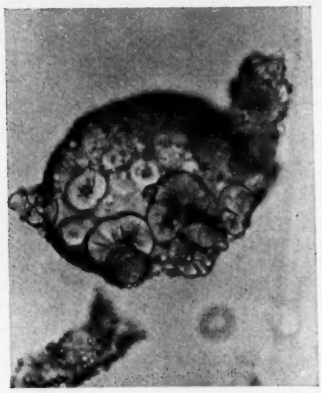


Abb. 1. Assimilatausscheidung in der Vakuole einer Biddulphia sinensis-Zelle.

Allerdings existiert noch eine dritte, in kaltem Wasser schwer lösliche Modifikation, die sich aus neutraler Lösung langsam, etwas schneller aus saurer ausscheidet, wie das ähnlich beim Laminarin (s. unten) der Fall ist. Die entstehenden, sehr kleinen Sphärite gehen auf eine napfförmige Ausgangsform zurück. Das amorphe wie das aus Diacetin kristallisierte Leukosin ist noch in 50%igem Alkohol gut löslich, unlöslich dagegen in stärkerem Alkohol, Eisessig, Pyridin, Äther, Azeton und ähnlichen Mitteln. Da es einerseits durch Zellophanmembranen permeiert, andererseits aber leukosinreiche Zellen von Schroederella im osmotischen Verhalten gegen Seewasser $+{}^{1}/_{10}$ Mol Rohrzucker keinen Unterschied gegen leukosinfreie zeigen, dürfte sein Molekulargewicht zwischen etwa 3000 und 20000 liegen. Wie zum Teil bekannt, wird es aus wäßriger Lösung durch die üblichen Fixierungsmittel (Formol, Pikrinsäure, Chromsäure, $HgCl_2$) sowie durch $Ba(OH)_2$ und Bleiessig nicht gefällt. Dagegen wird es auch aus verdünnten Lösungen in 50%igem Alkohol durch Na_2CO_3 in Flocken abgeschieden. Es färbt sich nicht mit sauren und basischen Farbstoffen und ähnlich dem Inulin (und Laminarin) nicht mit Jod. Sprechen die erwähnten Eigenschaften im ganzen für Kohlenhydratcharakter, so wird dieser durch das Ergebnis der HOTCHKISS-Reaktion[9]) bestätigt. Diese (Perjodsäureoxydation, dann fuchsinschweflige Säure) läßt sich mit positivem Resultat durchführen, wenn alle Reagenzien mit Kochsalz halb gesättigt angewendet werden. Allerdings fällt sie gegenüber gleich behandelter Zellulose oder Stärke bei kristallisiertem wie amorphem Leukosin recht schwach aus. Es darf darauf hingewiesen werden, daß das Laminarin, das lösliche Polysaccharid der Braunalgen nach BARRY[10]) wegen der 1-3-Verkettung seiner Glukoseeinheiten nur in den Endgruppen, für die ganze Molekel gesehen also schwach, mit Perjodsäure reagiert.

Die Ermittlung der Eigenschaften des Leukosins mit zytochemischen Methoden machte seine Isolierung aus gemischtem Standortmaterial von Süßwasserdiatomeen in kristallisierter Form möglich, so daß es für die chemische Untersuchung zur Verfügung steht.

Aus der Forschungsstelle des Wasserbauamtes Norden (Norderney), der Biologischen Anstalt Helgoland, List auf Sylt und dem Botanischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt.

HANS ADOLF V. STOSCH.

Eingegangen am 19. März 1951.

[1]) KLEBS, G.: Z. Zool. 55, 353 (1893).
[2]) LEWIS, I. F.: Arch. Protistenkde 32, 249 (1913).
[3]) KORSCHIKOFF, A. A.: Beih. Bot. Zbl., A 46, 460 (1930).
[4]) PASCHER, A.: Heterokonten, Bd. 11 von RABENHORSTS Kryptogamen-Flora. Leipzig 1939.
[5]) STOSCH, H. A. v.: Ber. dtsch. bot. Ges. 60, 2 (1942).
[6]) SCHMIDT, W. J.: Bestimmung der Brechzahlen. In ABDERHALDENS Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Bd. V/10, S. 827. 1935.
[7]) STOSCH, H. A. v.: In Vorbereitung.
[8]) NÄGELI, C., u. S. SCHWENDENER: Das Mikroskop. Leipzig 1877.
[9]) Zit. nach D. GLICK: Techniques of histo- and cytochemistry. New York u. London 1949.
[10]) BARRY, V. C.: J. chem. Soc. Lond. 1942, 158.

Zur „Pentolyse"-Reaktion im Serum Krebskranker nach Menkès*).

MENKÈS[1]) erhob den Aufsehen erregenden Befund, daß das Serum von Krebskranken in der Lage ist, zugesetzte Pentosen abzubauen, das Serum von nicht an Krebs leidenden Menschen dagegen nicht oder nur in sehr geringem Maße. Der Nachweis der Spaltung erfolgte dabei indirekt durch Bestimmung der nach mehrstündiger Inkubation noch vorhandenen Pentose mit der Furfurolreaktion nach BRACHET[2]). Bei diesem Abbau der Pentosen sollen Milchsäure und Azetessigsäure als Endprodukte auftreten[3]). MENKÈS bezeichnet ihn deshalb als „Pentolyse" in Analogie zu der von WARBURG gefundenen Glykolyse der Tumoren.

Diese „Krebsreaktion" erschien uns aussichtsreich und der Untersuchung wert, weil Pentosen Bestandteile der Nukleotide sind und der Nukleotidstoffwechsel beim Wachstum eine wichtige Rolle spielt. Ferner ist durch NEUBERG[4]) festgestellt worden, daß Tumorgewebe etwa 70% mehr Pentosen enthält als normales Gewebe. Dies könnte allerdings auch gegen die Annahme einer hohen „Pentolyse"-Aktivität im Tumorgewebe sprechen.

Da bei dem beobachteten Abbau von Pentosen durch Krebsserum „fixe Säuren" entstehen sollen, haben wir die Frage untersucht, ob die „Pentolyse" nach Art der „Glykolyse" mit der WARBURG-Apparatur[5]) manometrisch bestimmt werden kann.

Methode. Die Untersuchungen erfolgten sowohl unter aeroben wie anaeroben Bedingungen. Die Retention des Serums für CO_2 und Milchsäure[6]) wurde stets berücksichtigt. Der Hauptraum der Vorlagen enthielt das zu untersuchende Serum, und zwar 1,8 bzw. 2,7 ml. In die Anhangsbirnen kam als Substrat 0,2 bzw. 0,3 ml der Pentoselösung. Die Endkonzentration der Pentose nach dem Überkippen betrug 200 mg-% im Serum, in einem Falle 100 mg-%. Als Substrat benutzten wir d(+)-Xylose der Firma Merck und d(—)-Ribose, die uns Herr Dr. MENKÈS freundlichst überließ, wofür wir ihm aufrichtig danken.

Die Versuchstemperatur war 38°, die Beobachtungsdauer nach dem Überkippen des Substrats betrug 140 bis 220 min. Der Gasraum der Vorlagen wurde mit 5% CO_2 und 95% Sauerstoff durchströmt, bei den anaeroben Versuchen mit 5% CO_2 in Stickstoff, der weniger als 0,5% Sauerstoff enthielt.

Nach dem Temperaturausgleich wurde das Substrat in das Serum übergekippt. Die Meßwerte sind stets auf mm^3 je ml Serum und Stunde berechnet. In einigen Fällen gaben wir dem Serum 0,05 ml einer 1,3%igen $NaHCO_3$-Lösung je ml zu, um sicher zu sein, daß das Serum genügend Bikarbonat für die Freisetzung von CO_2 durch „fixe Säuren" enthielt.

Bei einer Substratkonzentration von 200 mg-% enthält 1 ml Serum 2 mg = 0,013 mMol Pentose. Ihre vollständige Spaltung müßte also bei äquimolarer Bildung „fixer Säuren" 0,013 mMol CO_2 freisetzen, das sind etwa 290 mm^3. Nach MENKÈS liegt der Umfang der „Pentolyse" durch Krebsserum bei 30%, so daß in der Versuchszeit eine CO_2-Bildung von rund 90 mm^3 je ml Serum zu erwarten war, sofern jede abgebaute Pentose-Molekel eine Molekel einer „fixen Säure" liefert. Volumänderungen dieses Ausmaßes werden bei unserer Versuchsanordnung mit einem Fehler von ± 1,5% erfaßt. Die Methode ist damit für die Fragestellung besonders geeignet.

Als Versuchspersonen dienten Krebskranke aus der Klinik mit besonders ausgedehnten oder metastasierenden Karzinomen oder Sarkomen, die sämtlich nicht vorbehandelt oder bestrahlt waren. Zur Kontrolle wurde das Serum von gesunden Männern im Alter von 23 bis 49 Jahren untersucht.

*) Mit Unterstützung der Notgemeinschaft der deutschen Wissenschaft.

Ergebnisse. Zu unserer Überraschung ergaben die Versuche unter aeroben Bedingungen praktisch überhaupt keine Druckzunahmen, weder beim Serum der Krebskranken noch bei dem der Gesunden. In einigen Fällen nahm der Druck sogar ab. (Beispiele in der Tabelle 1.) Aus diesem Grunde führten wir die weiteren Versuche unter anaeroben Bedingungen durch. Aber auch diese ergaben keine Ausschläge in nennenswerter Höhe. Die ersten Versuche waren mit d(+)-Xylose als Substrat ausgeführt.

Da der negative Ausfall am verwendeten Substrat liegen konnte, baten wir Herrn Dr. MENKÈS um die freundliche Überlassung der von ihm verwendeten d(—)-Ribose. Diese Versuche verliefen jedoch ebenfalls praktisch negativ.

Tabelle 1. *Fehlen einer nachweisbaren „Pentolyse" durch Serum von Krebskranken und von Gesunden bei manometrischer Untersuchung nach der* WARBURG-*Methode.*

ΔV = Volumänderung in mm³ je ml Serum und Stunde.

Nr.	Gesunde		Krebskranke	
	Alter Jahre	ΔV mm³	Diagnose	ΔV mm³
	Aerob, Substrat 200 mg-% d(+)-Xylose.			
1	23	—0,15	Hypernephrom	—0,15
2	49	+0,55	Magenkarzinom	+0,76
3	49	+0,21	Fersenkarzinom	0
	Anaerob, Substrat 200 mg-% d(—)-Ribose.			
4	23	+0,42	Melanosarkom (Bein)	+0,55
5	28	+0,28	Karzinomatose	+0,50
6	49	+0,42	Rektumkarzinom	+0,55
7			Rektumkarzinom	+0,55
8			Gallengangskarzinom	0

Die in der Tabelle 1 zusammengestellten Ergebnisse lieferten einen Mittelwert von 0,29 mm³ je ml Serum und Stunde beim Normalserum und von 0,35 mm³ bei Krebsseren. Solche Ausschläge sind trotz der hohen Empfindlichkeit der WARBURG-Methode kaum meßbar, die Streuung ist so groß, daß ihre Berechnung sinnlos erscheint.

Die Versuche zeigen zunächst, daß bei der angewendeten Methode zwischen dem Serum Gesunder und dem Krebskranker kein Unterschied festzustellen ist. Aber auch die gemessenen Änderungen selbst sind mit 0,35 mm³ je ml und Stunde trotz Berücksichtigung der Retentionen so klein, daß aus ihnen nicht auf eine „Pentolyse" geschlossen werden kann.

Unter der gemachten Voraussetzung, daß bei diesem Vorgang eine äquimolare Menge „fixer Säuren" entsteht und daß 30% des Substrats umgesetzt würde, hätten etwa 90 mm³ CO_2 freigesetzt werden müssen. Der tatsächlich gemessene Wert von 0,35 mm³ entspricht dagegen nur einem Umsatz von 0,3% des Substrats auf diesem Wege!

Unsere Ergebnisse führen uns deshalb zu dem Schluß, daß die von MENKÈS beobachtete Abnahme zugesetzter Pentose im Krebsserum nicht unter Bildung „fixer Säuren" erfolgen kann und daß die WARBURG-Methode für die Messung dieser Abnahme nicht geeignet ist. Da in unseren Versuchen auch unter anaeroben Bedingungen praktisch kein CO_2 entstand, muß die von MENKÈS mit der Furfurolreaktion gefundene Abnahme der Pentose auf einem Wege erfolgen, bei dem kein CO_2 und auch keine „fixen Säuren" gebildet werden, der also mit der Glykolyse des Krebsgewebes nicht vergleichbar ist.

Über die Brauchbarkeit der „Krebsreaktion" von MENKÈS können unsere Versuche dagegen nichts aussagen, weil wir mit einer anderen Methode gearbeitet haben als er.

Zusammenfassung. Bei der Einwirkung von Serum Krebskranker auf Pentosen konnte in der WARBURG-Apparatur keine Bildung „fixer Säuren" nachgewiesen werden.

Aus der Chirurgischen Universitätsklinik in Freiburg i. Br. (Direktor: Prof. E. REHN*).*

HERMANN DRUCKREY und KLAUS KAISER.

Eingegangen am 12. April 1951.

[1]) MENKÈS, G.: Bull. Acad. Suisse Sci. med. **5**, 280 (1949).
[2]) BRACHET, J.: Enzymologia **10**, 78 (1941).
[3]) MENKÈS, G.: Med. et Hyg. **158**, 369 (1949).
[4]) NEUBERG, C.: Berl. klin. Wschr. **1905**, 118.
[5]) WARBURG, O.: Stoffwechsel der Tumoren. Berlin 1926.
[6]) WARBURG, O., KUBOWITZ u. CHRISTIAN: Biochem. Z. **242**, 170 (1931).

Besprechungen.

Lundegårdh, Henrik: Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben. Dritte, verb. Aufl. Jena: Gustav Fischer 1949. 484 S., 129 Abb. u. 2 Karten. DMark 27.—.

Gegenüber der vorhergehenden stellt die 3. Auflage keine völlige Neubearbeitung dar, obwohl eine große Zahl neuer experimenteller Ergebnisse und moderner Auffassungen in diese Auflage eingearbeitet wurden. Die hierdurch erzielte geschlossenere Darstellung eines so umfangreichen als auch komplizierten Wissensgebietes macht das Buch besonders wertvoll. Seinem Charakter entsprechend erfuhr die ökologische Seite des Pflanzenlebens in ihrer klimatischen Bedingtheit durch partielle Differenzierung des Licht-, Temperatur- und Wasserfaktors eine eingehende, durch Abbildungen und graphische Darstellungen reichhaltig illustrierte Behandlung. Die straffe Gliederung und Sichtung des experimentell begründeten Tatsachenmaterials, das sich zum großen Teil auf eigene Arbeiten des Verf. während der beiden letzten Jahrzehnte stützt, läßt den Leser in anschaulicher Weise zu einem kausalen Verständnis für die Reaktionen der Pflanze auf die verschiedensten Konstellationen ökologischer Faktoren gelangen. Ebenso erfahren die edaphischen Momente (physikalische und chemische Beschaffenheit des Bodens, Wasserhaushalt, Salzgehalt, p_H-Wert und Mikroorganismenleben) vom ökologischen Standpunkt aus eine ausführliche Beschreibung. Insbesondere dürften die Studien des Verf. über die Ionenaufnahme unter Berücksichtigung neuartiger Tatsachen nicht nur für die physiologische Ökologie, sondern auch für die Landwirtschaft weitgehende Folgen auf dem Ernährungsgebiet nach sich ziehen. Die nachgewiesene Anwesenheit von Nukleotiden in der Protoplasmaoberfläche junger Wurzelzellen bedingt ein die Kationenaufnahme begünstigendes negatives Adsorptionspotential, das zugleich die Aufnahme der Anionen aus der Bodenlösung zurückdrängt. Die für eine Anionenakkumulation in der Wurzel erforderliche Energie entstammt hingegen der Atmung. Da die Ionenbewegung in einem kolloidalen Medium stattfindet, sind Größe, Ladung und Hydratation der Ionen entscheidend für ihre Aufnahmegeschwindigkeit.

Das Buch bietet in seiner flüssigen Form der Darstellung nicht nur dem Fachgelehrten manche Anregungen, es vermittelt auch jedem naturwissenschaftlich interessierten Leser durch die vielseitige, stets übersichtliche Behandlung des umfangreichen Stoffes einen guten Einblick in die mannigfaltigen Wechselbeziehungen im System Klima-Pflanze-Boden.

Wenn auch durch kriegsbedingte Umstände die moderne Literatur nur bis zum Jahre 1944 Berücksichtigung finden konnte, so wird hierdurch der Wert des Buches kaum gemindert. F. SCHEFFER (Göttingen).

Eingegangen am 19. Januar 1951.

Petrascheck, W., und W. E. Petrascheck: Lagerstättenlehre. Wien: Springer 1950. VIII, 410 S. u. 233 Abb. Kart. DMark 35.—; geb. DMark 37.80.

Dieses Buch, das Vater und Sohn PETRASCHECK zum Verfasser hat, ist ein großartiger Beweis dafür, daß es wirklichen Könnern immer noch möglich ist, auf sehr knappem Raum eine vollständige Einführung in ein vielseitiges Lehrgebiet zu geben. Dabei behandelt diese Lagerstättenlehre auf 400 Seiten nicht nur alle Zweige der eigentlichen Lagerstättenkunde, sondern darüber hinaus ist noch ein wichtiges Kapitel den Industrie-Mineralen gewidmet. Die Stoffaufteilung zwischen Vater und Sohn ist in der Weise vorgenommen, daß der Vater Kohle, Erdöl und Industrie-Minerale, der Sohn Erze und Salze bearbeitet hat, so daß jeder Autor vor allem solche Gebiete behandelt, auf denen er selbst Pionierarbeit geleistet hat. Dabei ist diese Bearbeitung doch deutlich in enger Fühlungnahme miteinander erfolgt, und sie stützt sich jeweils auch auf eine ungewöhnlich reiche praktische Erfahrung.

Es nimmt daher nicht Wunder, daß auf diese Weise ein schlechthin meisterhafter Abriß der Lagerstättenlehre entstanden ist. Eine gewisse Ausrichtung auf Ost- und Südost-

europa in der Auswahl der Beispiele wird sicher nicht als unerwünscht empfunden werden. Über den üblichen Inhalt der Lehrbücher hinaus gehen zudem die wertvollen Abschnitte, die der Begutachtung von Lagerstätten gewidmet sind.

Alles in allem ein ausgezeichnetes Lehrbuch der Lagerstättenkunde, das alles das enthält, was ein gut ausgebildeter Geologe der Praxis beherrschen sollte.

E. BEDERKE (Göttingen).

Eingegangen am 22. Januar 1951.

Leitmeier, H.: Einführung in die Gesteinskunde. Wien: Springer 1950. VIII, 275 S. u. 100 Abb. DMark 18.50.

Der Autor mußte aus drucktechnischen Gründen den sehr umfangreichen Stoff der magmatischen, sedimentären und metamorphen Gesteine in einen sehr eng gehaltenen Rahmen zwingen. Das Buch ermöglicht dadurch dem naturwissenschaftlich Interessierten, an den es im wesentlichen gerichtet ist, eine schnelle Orientierung im Bereich der Gesteinskunde. Das heute viel diskutierte Problem der petrogenetischen Konvergenz wird bei den magmatischen und metamorphen Gesteinen ganz besonders berücksichtigt.

G. REIN (Freiburg).

Eingegangen am 29. Januar 1951.

Leicester, Henry M.: Chymia. Annual Studies in the History of Chemistry, Bd. 3. Philadelphia: University of Pennsylvania Press 1950. IX u. 251 S. $ 4.50.

In vorzüglicher typographischer Ausstattung und reich bebildert tritt der neue Jahrgang der „Chymia" unter der neuen Leitung von H. M. LEICESTER mit 13 Spezialbeiträgen und im verstärkten Umfang (251 Seiten gegenüber 145 Seiten des 2. Bandes) uns entgegen. Als Auftakt ist zuerst ein tiefempfundener Nekrolog auf den vorigen Leiter der „Chymia", TENNEY L. DAVIS (1890 bis 1949) durch H. M. LEICESTER und H. S. KLICKSTEIN zu nennen, die das Hauptwerk des Verstorbenen, die Alchemie der Chinesen würdigen. Hier handelt es sich um den Nachweis, daß die „praktische westliche Alchemie tatsächlich sich aus chinesischen Ideen entwickelt hat" (S. 3), und zwar wesentlich aus Schriften des 4. Jahrhunderts n. Chr. (Der Rezensent möchte hierzu bemerken, daß Zeitbestimmung und Echtheit alchemistischer Schriften nicht nur im Abendlande durchaus unsicher ist, ferner daß schon 200 v. Chr. ein BOLOS aus Mende über die Nachahmung von Edelmetallen, Edelsteinen usw. geschrieben hat, sowie daß ein ZOSIMOS in Alexandrien (um 300 n. Chr.) mit alchemistischer Mystik und Wiedergeburt hervorgetreten ist.) Der Alchemie sind noch vier weitere Beiträge gewidmet, und zwar: Über die Erfindung des Buchdrucks und die Verbreitung der Alchemie (von RUD. HIRSCH); über das Eulensymbol des Alchemisten KHUNRATH (1560 bis 1605) — von C. K. DEISCHER und I. L. RABINOWITZ; „Über Wandlungen in der geschichtlichen Betrachtung der Alchemie" (von W. GANZENMÜLLER), sowie über Boyle und Bayle (von GEORGE SARTON). Als „a historian of science" untersucht SARTON kritisch die Beziehungen BOYLES zur Alchemie, die, mit religiösen Momenten verknüpft, als „poor science und worse theology", „alchemical confusion" charakterisiert wird (S. 161), während GANZENMÜLLER das Urteil des Chemiehistorikers H. KOPP als einseitig ablehnt (übrigens unterläßt er die Zitierung von KOPPS zweibändigem Werk „Alchemie" vom Jahre 1886) und reiht die Alchemie der allgemeinen Geistesgeschichte an (S. 154). Zwei weitere Beiträge illustrieren die Anfänge des Chemieunterrichts in Amerika (von J. B. COHEN) bzw. die ersten amerikanischen chemischen Gesellschaften (von W. MILES). Der Entdeckung der bioaktiven Stoffe im 19. Jahrhundert ist ein Artikel des Chemiehistorikers ED. FÄRBER gewidmet. Biographisches Material bringen fünf stimmungsvolle und umfangreiche Studien: von M. DAUMAS über LAVOISIER und seine Versuchsapparate; von R. E. OESPER und P. LEMAY über H. STE.-CLAIRE DEVILLE; von C. E. PRÉLAT und A. G. VELARDE über M. I. B. ORFILA und seine „Eléments de Chimie"; von J. M. SCOTT über KARL FR. MOHR als „Father of Volumetric Analysis", und von H. RHEINBOLDT über „BUNSENS Vorlesungen über allgemeine Experimentalchemie",—die aufmerksame Durchsicht derselben läßt erkennen, daß auch die Größten neben großen Eigenschaften leider retardierende Eigenheiten besitzen können.

Der Rezensent hat das Werk einer eingehenderen Betrachtung gewürdigt, um sowohl die Vielgestalt der Themen als auch die Eigenart der Behandlung derselben anzudeuten. Vor allem aber sollte dadurch auf die *Bedeutung* dieser „Studien auf dem Gebiete der Chemiegeschichte" hingewiesen werden: die „Chymia" ist bisher das *einzige wissenschaftliche Organ*, das die internationale Pflege der Chemiegeschichte sich als Ziel gesteckt hat, daher auch als ein gemeinsames Geistesgut der Weltchemiker geachtet und betreut werden muß.

P. WALDEN (Gammertingen).

Eingegangen am 31. Januar 1951.

Oikos. Acta ecologica Scandinavica. Herausgeg. von J. IVERSEN-Copenhagen, R. TUOMIKOSKI-Helsinki, K. FAEGRI-Bergen, C. MALMSTRÖM-Stockholm, H. THAMDRUP-Aarhus, E. PALMÉN-Helsinki, T. SOOT-RYEN-Tromsö, H. O. BACKLUND-Lund und H. EINARSSON-Reykjavik. Bd. 1, 1949; Bd. 2/1, 1950. Copenhagen: E. Munksgaard Jahrg. Dän. Kr. 40.—.

Zu der regen Entwicklung, die die Ökologie, vor allem durch die Einführung experimenteller Methoden, in den letzten Jahrzehnten genommen hat, haben Botaniker und Zoologen der nordeuropäischen Länder ganz wesentlich beigetragen. Es sei, soweit es sich um botanische Fragen handelt, nur etwa an die Förderung des Produktionsproblems durch BOYSEN-JENSEN und seine Schüler in Dänemark, an die wichtigen Arbeiten zur Ökologie der Assimilation, Atmung und des Wasserhaushalts von LUNDEGÅRDH, STÅLFELT u. a. in Schweden, an so mancherlei vorzügliche Untersuchungen zur Waldökologie aus den forstlichen Instituten Finnlands, Schwedens und Norwegens (LINKOLA, HESSELMAN, ROMELL, MALMSTÖM u. a.) erinnert. Nunmehr haben sich die oben genannten nordeuropäischen Ökologen zur Herausgabe einer Zeitschrift zusammengeschlossen, die die bisher recht verstreuten Forschungsergebnisse aus diesen Ländern in Originalarbeiten und, soweit sie anderwärts erscheinen, — was für den Ausländer nicht minder wesentlich ist — in ausführlichen Besprechungen in englischer, deutscher oder französischer Sprache darbieten soll. „Oikos" tritt also neben das englische „Journal of Ecology" und die amerikanische „Ecology". (Die seit Jahrzehnten sehr reichen deutschen experimentell-ökologischen Arbeiten verteilen sich bekanntlich auf verschiedene botanische und zoologische Zeitschriften allgemeineren Rahmens.) Die bisher vorliegenden, sehr gut ausgestatteten drei Hefte enthalten 25 Arbeiten, davon 9 mehr botanischen, 10 zoologischen, 3 hydrobiologischen, 3 blütenökologischen Inhalts. Soweit man ein allgemeines Urteil fällen darf, zeichnen sie sich durch die Klarheit der Fragestellung, die Sorgfalt der Untersuchung und die vorsichtige Auswertung aus, die man bei biologischen Arbeiten aus diesen Ländern so häufig findet. Die deutschen Biologen können also dankbar begrüßen, daß ihnen fortan die in den skandinavischen Ländern erzielten ökologischen Forschungsergebnisse in dieser zusammenfassenden Form zur Verfügung stehen werden.

F. FIRBAS (Göttingen).

Eingegangen am 31. Januar 1951.

Waldmeier, M.: Tabellen zur heliographischen Ortsbestimmung. Basel: Birkhäuser 1950. 62 S., 6 Abb., Fr. 14.—.

Das hauptsächlich für die Praxis der laufenden Sonnenüberwachung geschaffene Tafelwerk des bekannten Schweizer Astrophysikers ist gedacht als eine Ergänzung zu der allgemein gebräuchlichen Methode, die heliographischen Koordinaten von Objekten der Sonnenscheibe an geeignet konstruierten und richtig orientierten Koordinatennetzen direkt abzulesen. Bei der meist üblichen Verwendung eines Satzes von 8 Netzen entsprechend den ganzzahligen Gradwerten des Parameters B_0 (heliographische Breite der Sonnenmitte) ergibt sich für die Breitenkoordinate ein maximaler Fehler von $0\overset{\circ}{.}5$, der damit wesentlich größer ist als der reine Ablesefehler. Da eine für manche Beobachtungen erwünschte Genauigkeitssteigerung mit Hilfe einer feineren B_0-Einteilung besonders auch im Hinblick auf den variablen scheinbaren Sonnendurchmesser als weiteren Parameter umständlich ist, war die Bereitstellung eines genaueren rationellen Ortungsverfahrens wünschenswert.

Die beiden vom Verf. entwickelten neuen Methoden verwenden zur Positionsablesung auf der Sonnenscheibe grundsätzlich nur ein einziges Koordinatennetz, nämlich die für $B_0 = 0$ gültige Orthogonalprojektion. Bei der Methode I werden an dem in der üblichen Weise orientierten Netz zunächst genäherte Koordinaten abgelesen und diese dann durch Anbringung additiver Korrektionen in genaue umgewandelt. Die notwendigen Korrektionsgrößen sind als Funktion der genäherten Koordinaten entweder einer Folge von je 15 übersichtlich angeordneten Tabellen oder einem Satz von 15 Netztafeln zu entnehmen; beiden liegt eine Intervallbreite in B_0

von 0°5 zugrunde. Die mit dieser Methode für die heliographische Breite erreichbare Genauigkeit beträgt im Mittel 0°1, was durchweg die Grenze der Beobachtungsgenauigkeit darstellt. Die Anwendung der noch genauer arbeitenden Methode II, bei welcher die heliographischen Koordinaten auf dem Umweg über die heliozentrischen Ekliptikkoordinaten gewonnen werden, ist daher nur bei einem sehr großen Sonnenbilddurchmesser sinnvoll. Das Koordinatennetz wird dazu so auf das Sonnenbild gelegt, daß der Zentralmeridian mit der Ekliptikachse zusammenfällt. Man liest dann an der Netzeinteilung die ekliptikale Breite und die vom aufsteigenden Knoten des Sonnenäquators gezählte ekliptikale Länge eines Objekts der Sonnenscheibe ab. Die Überführung dieser Werte in die heliographischen Koordinaten geschieht mittels additiver Hilfsgrößen, die teils direkt, teils unter Einbeziehung von Knotenlänge und scheinbarer Sonnenlänge als Funktion der Beobachtungsgrößen tabuliert sind. Zusätzlich bieten diese Hilfsgrößen eine praktische Möglichkeit zur Berechnung der für die Methode I erforderlichen Parameter, falls ein geeignetes Jahrbuch nicht zur Verfügung steht.

Für jede der beiden Methoden werden sowohl die Ableitungen der benützten Formeln als auch einige Beispiele angegeben. Die Übersichtlichkeit der Netztafeln hätte noch gewonnen, wenn jede der aufgetragenen Größen in der Mitte der Tafelränder als solche gekennzeichnet worden wäre.

Ein in der Einführung erwähnter Fehler ist praktisch ohne Bedeutung. Abschließend kann festgestellt werden, daß die vom Verf. entwickelten neuen Methoden der heliographischen Ortsbestimmung eine willkommene Ergänzung der bisher meist geübten Praktiken darstellen, so daß das auch in seiner äußeren Form gediegen ausgeführte Werk allen Sonnenbeobachtern bestens empfohlen werden kann.

F. W. Jäger (Göttingen).

Eingegangen am 7. Februar 1951.

Lutz, Louis: Traité de Cryptogamie. Paris: Masson & Co. 1948. 708 S. u. 388 Fig. Fr. 1450 (DMark 20.70).

Zweierlei überrascht den Leser beim ersten Blättern in dem Buche, nämlich, daß dieser sehr umfangreiche Band, wie sich aus dem Vorwort ergibt, für Studenten der Pharmazie bestimmt und daß fast $^9/_{10}$ dieser „Abhandlung über Kryptogamen" den Pilzen gewidmet ist. Die gesamten übrigen Gruppen der „niederen" Pflanzen, also das große Reich der Algen, die Doppelklasse der Moose und die formenreichen und stammesgeschichtlich so wichtigen Farngewächse müssen sich also mit dem mageren Rest begnügen. Ein derartiges Ungleichgewicht zugunsten der Mykologie läßt sich aus dem Titel nicht vermuten; es ist darauf zurückzuführen, daß der Verf. selbst Mykologe ist, und daß er sich zudem bemüht, die praktische Anwendbarkeit der Kryptogamenkunde stark hervorzuheben. Diese ist aber auf mykologischem Gebiet weit größer als auf dem aller anderen niederen Pflanzen. Daher halten sich auch bei der breiten Darstellung der Pilze entwicklungsgeschichtliche und phylogenetische Erörterungen stark im Hintergrund; nur stellenweise werden auch Einzelheiten von theoretisch interessanten Dingen gebracht. Dafür geht die Darstellung weit ins Detail, wo es sich um praktische Gesichtspunkte handelt. So werden nicht nur Bestimmungsschlüssel für die wichtigsten Boletus- und Amanitaarten gegeben (eßbare und giftige Pilze!), sondern vor allem findet man bei allen systematischen Gruppen sehr ausführliche Angaben über Fermentwirkungen, Ernährungsphysiologie, chemische Zusammensetzung besonderer Inhaltsstoffe (z. B. Farbstoffe), Bedeutung der Pilze für Industrie und Pflanzenpathologie usw. Ein großes Kapitel beschäftigt sich mit der Toxikologie, ein weiteres mit den Antibiotica, und auch die in der botanischen Literatur sonst kaum zu findenden Erkrankungen der Tiere und Menschen durch Pilze (Mykosen und Oosporosen) werden ausführlich behandelt. Diese Darstellungen geben dem Buch seine eigentliche und gute Note.

Die Aufeinanderfolge der Pilzordnungen, also die systematische Anordnung des Stoffes, ist nicht immer ganz befriedigend. Gelegentlich werden Gruppen, die nach allgemeiner Auffassung als stärker abgeleitet gelten, aus äußeren Gründen vor primitivere gestellt. Ganz unglücklich ist die Stoffverteilung bei den Algen. Sie beginnt mit den Cyanophyceen, die in den meisten Gesamtdarstellungen der Kryptogamen überhaupt nicht zu den Algen gestellt, sondern wegen ihrer Kernlosigkeit mit den Bakterien zu den Spaltpflanzen vereinigt werden; die gesamten Bakterien werden aber sonderbarerweise in dem Buche überhaupt nicht erwähnt, so daß der unerfahrene Leser auf den Gedanken kommen kann, sie gehörten zum Tierreich. Die weitere Aufzählung der Klassen und Ordnungen der Algen ist unsystematisch und kann auch hinsichtlich der wiedergegebenen Einzelheiten nicht befriedigen. Über die verwandtschaftlichen Beziehungen der Algenklassen zueinander und über die so außerordentlich wichtige Stellung der Algen und Flagellaten im Stammbaum der Pflanzen wird nichts gesagt. Etwas ausführlicher und auch besser geglückt ist dann die Behandlung der Moose und Farne. Die Abbildungen in dem nicht mykologischen Teil sind meistens älteren Sammelwerken entnommen (bei den Moosen sind 87%, bei den Farnen mehr als 50% deutschen Ursprungs), bei den Pilzen sind die Figuren dagegen alle vom Verf. persönlich nach eigenen Präparaten oder „d'après les publications originales des Cryptogamistes les plus qualifiés" gezeichnet; man kann nicht behaupten, daß die Umzeichnung den Figuren zum Vorteil gereicht wäre. Literaturnachweise enthält das Buch nicht.

Trotz dieser Aussetzungen kann kein Zweifel bestehen, daß das umfangreiche Werk auch dem Biologen viele ihm im allgemeinen nicht geläufige Kenntnisse vermitteln kann, und noch mehr dürfte das für Mediziner, Pharmazeuten, Landwirte und andere auf angewandtem Gebiet arbeitende Wissenschaftler zutreffen. Hätte der Verf. sein Werk „Traité de Mycologie" mit besonderer Berücksichtigung der praktischen Anwendbarkeit genannt und die ja nur $^1/_{10}$ ausmachenden Kapitel über die übrigen Kryptogamen weggelassen, so läge ein sehr befriedigendes Opus vor.

R. Harder (Göttingen).

Eingegangen am 7. Februar 1951.

Rankama, Kalervo und Th. G. Sahama: Geochemistry. Chicago: The University of Chicago Press 1950. 912 S. $ 15.00.

Die letzte umfassende Materialsammlung über die Geochemie ist 1924 erschienen, „The Data of Geochemistry" von Clarke. Unterdes ist in diesem Zweig der Wissenschaft außerordentlich viel neues Tatsachenmaterial und grundlegende wichtige Erkenntnis erarbeitet worden, insbesondere durch die Arbeiten von V. M. Goldschmidt. Das vorliegende Buch der beiden finnischen Autoren, die selbst aktiv an dieser Forschung teilgenommen haben, entspricht deshalb einem dringenden Bedürfnis.

In der Einleitung setzen sich die Autoren zunächst mit der Abgrenzung und dem Umfang der Geochemie auseinander. Sie legen den Nachdruck auf den zweiten Teil des Wortes und unterscheiden zwischen Geologie und Chemie die Fächer chemische Geologie und Geochemie. Wie immer in der Wissenschaft gibt es natürlich auch zwischen diesen vier Fächern alle Übergänge und keine scharfen Grenzen. Im ersten Teil des Buches (396 S.) ist die allgemeine Geochemie dargestellt, beginnend mit der Zusammensetzung der Meteorite, der absoluten Häufigkeit der Elemente nebst Diskussion der kernphysikalischen Deutungsversuche, der geochemischen Struktur der Erde und der Verteilung der Elemente in dieser. Besonders ausführlich (170 S.) wird dann die Geochemie der Lithosphäre besprochen. Es folgen Kapitel über Hydro-, Atmo- und Biosphäre, über „Kosmochemie und Geochemie", sowie ein Grundriß der geochemischen Entwicklung der Erde. Die Gesetzmäßigkeiten der Verbreitung der Elemente in der Lithosphäre werden im wesentlichen auf Grund der Ionenradien behandelt, dem Ref. erscheint allerdings in vielen Fällen die ältere Art der Betrachtung von heterogenen Systemen, ihren Gleichgewichten und Ungleichgewichten — mindestens zur Zeit noch — recht nützlich. Der zweite Teil (375 S.) bringt die Geochemie der einzelnen Elemente. Die Verf. haben hier das Tatsachenmaterial bis Anfang 1948 in großer Vollständigkeit gesammelt. Bei den häufig nötigen Verweisen auf den allgemeinen Teil und auf andere Elemente könnten vielleicht bei einer Neuauflage Seitenhinweise aufgenommen werden, die die Benutzung erleichtern würden. Sehr nützlich ist ein Tabellenanhang mit vielgebrauchten Zahlenwerten und ein umfangreiches Literaturverzeichnis (31 S.) sowie der Autoren- und Sachindex (71 S.).

Durch seine Vollständigkeit ist das Buch von größtem Nutzen für jeden, der sich mit den Fragen des Vorkommens der chemischen Elemente auf der Erde und im Kosmos beschäftigt. Es kann allen Interessenten wärmstens empfohlen werden.

Correns (Göttingen).

Eingegangen am 15. Februar 1951.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

LANDOLT-BÖRNSTEIN

Zahlenwerte und Funktionen

aus Physik · Chemie · Astronomie · Geophysik · Technik

Sechste Auflage der „Physikalisch-Chemischen Tabellen"

In Gemeinschaft mit **J. Bartels, P. ten Bruggencate, K. H. Hellwege, E. Schmidt** und unter vorbereitender Mitwirkung von **J. D'Ans, G. Joos, W. A. Roth †**

herausgegeben von

Arnold Eucken †

In vier Bänden (Erster Band in fünf Teilen)

I. Band: **Atom- und Molekularphysik**

Im März 1951 erschien:

2. Teil:

Molekeln I. (Kerngerüst)

Bearbeitet von P. Debye jr., E. U. Franck, F. Kerkhof, W. Maier, R. Mecke, H. Pajenkamp, H. Seidel, H. Stuart, E. Wicke

Vorbereitet von Georg Joos

Herausgegeben von

A. Eucken † und **K. H. Hellwege**

Mit 460 Abbildungen. VIII, 571 Seiten. 1951. In Moleskin gebunden DM 168.—

Inhaltsübersicht:

Kerngerüst (geometrische und dynamische Eigenschaften): Atomabstände und Strukturen. — Valenz-Energien chemischer Bindungen. — Trennungs-Energien chemischer Bindungen: Dissoziations-Energien zweiatomiger Molekeln. Trennungs-Energien chemischer Bindungen in mehratomigen Molekeln. — Schwingungen und Rotationen der Molekeln. Übersicht und Gebrauchsanweisung. Substanzenverzeichnis. Literaturverzeichnis. Symmetrie der Molekeln und Eigenschwingungen. Eigenschwingungen (auch Trägheitsmomente einfacher Molekeln aus Raman- und Ultrarotspektren. Ultrarote Rotations- und Schwingungsspektren der einfachsten Molekeln. Ultrarotspektren weiterer ausgewählter Molekeln. Ramanspektren weiterer ausgewählter Substanzen. Mikrowellenspektren. — Die Hemmung der inneren Rotation einiger Molekeln im Gaszustand.

Im Juli 1950 erschien:

1. Teil:

Atome und Ionen

Bearbeitet von E. v. Angerer, L. Biermann, U. Cappeller, W. Döring, E. U. Franck, R. Glocker, W. Hanle, G. Joos, F. Kirchner, W. Klemm, A. Saur, E. Saur, U. Stille, H. Stuart, E. Wicke

Vorbereitet von Georg Joos

Herausgegeben von **Arnold Eucken** in Gemeinschaft mit K. H. Hellwege

Mit 248 Abbildungen. XII, 441 Seiten. 1950. In Moleskin gebunden DM 126.—

Die weiteren Bände werden folgende Gebiete behandeln:

I. Band, 3. Teil: **Molekeln II:** (Elektronenhülle.) Etwa 560 Seiten. Erscheint etwa im Sommer 1951.
4. Teil: **Kristalle.** Etwa 320 Seiten. Erscheint etwa Ende 1951.
5. Teil: **Atomkerne.** Etwa 400 Seiten. Erscheint etwa im Sommer 1951.

II. Band: **Makrophysik und Chemie.** In Vorbereitung.

III. Band: **Astronomie und Geophysik.** Etwa 400 Seiten. Erscheint etwa im Herbst 1951.

IV. Band: **Technik.** In etwa 3 Teilen. Erster Teil erscheint etwa Ende 1951.

Jeder Band und Bandteil ist einzeln käuflich

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Vorlesungen über Zahlentheorie

Von Dr. Helmut Hasse, o. Professor der Mathematik an der Humboldt-Universität zu Berlin. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Herausgegeben von R. Grammel, E. Hopf, F. K. Schmidt, B. L. van der Waerden. LIX. Band.) Mit 28 Abbildungen. XII, 474 Seiten. 1950.
DM 42.—; Ganzleinen DM 45.—

Inhaltsübersicht: Erster Abschnitt. **Grundlagen:** Primzerlegung. Größter gemeinsamer Teiler. Vollkommene Zahlen, Mersennesche und Fermatsche Primzahlen. Kongruenz, Restklassen. Die Struktur der primen Restklassengruppen. — Zweiter Abschnitt: **Quadratische Reste:** Definition, Reduktionen, Kriterien. Das quadratische Reziprozitätsgesetz: Elementarer Beweis. Das quadratische Reziprozitätsgesetz: Beweis mit Gaußschen Summen. Die Jacobische Verallgemeinerung. Verteilungsfragen über quadratische Reste nach einer Primzahl. — Dritter Abschnitt. **Der Dirichletsche Primzahlsatz:** Elementare Sonderfälle. Die Methode von Dirichlet. Die Charaktere endlicher abelscher Gruppen, Restklassencharaktere. Der Beweis von Dirichlet. Das Nichtverschwinden der L-Reihen. — Vierter Abschnitt. **Quadratische Zahlkörper:** Elementare Teilbarkeitslehre. Divisorentheorie. Bestimmung der Klassenzahl. Quadratische Zahlkörper und quadratisches Reziprozitätsgesetz. Systematische Theorie der Gaußschen Summen. Namen- und Sachverzeichnis.

Aus den Besprechungen: Der Verfasser hat jetzt seiner „Zahlentheorie", welche die Arithmetik in algebraischen Zahl- und Funktionenkörpern behandelt, eine „elementare" Zahlentheorie folgen lassen, welche sich um die Zahlentheorie der ganzen rationalen Zahlen gruppiert und im wesentlichen bis zu den quadratischen Zahlkörpern geht ... Man sieht ..., daß hier ein Lehrbuch der Zahlentheorie vorliegt, welches, ohne die historische Entwicklung zu vernachlässigen, einen durchaus modernen Standpunkt einnimmt, an dessen Entwicklung der Verfasser ja entscheidenden Anteil hat. Die Darstellung ist von äußerster Prägnanz und Klarheit, wie man es bei dem Verfasser gewohnt ist. Es ist das Lehrbuch der Zahlentheorie ... *„Monatshefte für Mathematik"*

Numerische Behandlung von Differential-Gleichungen

Eine Einführung. Von Dr. Lothar Collatz, Professor an der Technischen Hochschule Hannover. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Herausgegeben von R. Grammel, E. Hopf, F. K. Schmidt, B. L. van der Waerden. LX. Band.) Mit 110 Abbildungen und einem Porträt. Etwa 480 Seiten. 1951.
DM 45.—; Ganzleinen DM 48.—

Inhaltsübersicht: Kapitel I. **Anfangswertaufgaben bei gewöhnlichen Differentialgleichungen:** Vorbemerkungen und Hilfsmittel. — Einfachere Summationsverfahren für Differentialgleichungen erster Ordnung. — Das Runge-Kutta-Verfahren für Differentialgleichungen n-ter Ordnung. — Differenzenschemaverfahren für Differentialgleichungen erster Ordnung. — Differenzenschemaverfahren für Differentialgleichungen höherer Ordnung. — Kapitel II. **Randwertaufgaben bei gewöhnlichen Differentialgleichungen:** Vorbemerkungen. — Das gewöhnliche Differenzenverfahren. — Verbesserungen des gewöhnlichen Differenzenverfahrens. — Zur Theorie der Differenzenverfahren. — Allgemeines über die Minimalprinzipien. — Das Ritzsche Verfahren bei Randwertaufgaben zweiter Ordnung. — Das Ritzsche Verfahren bei Randwertaufgaben höherer Ordnung. — Reihenansätze. — Einige spezielle Verfahren für Eigenwertaufgaben. — Weitere Methoden. — Kapitel III. **Anfangs- und Anfangsrandwertaufgaben bei partiellen Differentialgleichungen:** Vorbemerkungen. — Einfache Beispiele für das gewöhnliche Differenzenverfahren. — Weitere Bemerkungen zum gewöhnlichen Differenzenverfahren. — Verbesserungen des Differenzenverfahrens. — Partielle Differentialgleichung erster Ordnung für eine gesuchte Funktion. — Charakteristikenverfahren bei Systemen von zwei Differentialgleichungen erster Ordnung. — Kapitel IV. **Randwertaufgaben bei partiellen Differentialgleichungen:** Einleitung. — Das gewöhnliche Differenzenverfahren. — Verbesserungen des Differenzenverfahrens. — Minimalprinzipien. — Das Ritzsche Verfahren. — Das Trefftzsche Verfahren. — Ergänzungen. — Kapitel V. **Integral- und Funktionalgleichungen:** Allgemeine Methoden bei Integralgleichungen. — Einige spezielle Verfahren bei linearen Integralgleichungen. — Singuläre Integralgleichungen. — Volterrasche Integralgleichungen. — Funktionalgleichungen. — Sachverzeichnis.

Fastperiodische Funktionen

Von Dr. Wilhelm Maak, Professor an der Universität Hamburg. (Die Grundlehren der mathematischen Wissenschaften in Einzeldarstellungen mit besonderer Berücksichtigung der Anwendungsgebiete. Herausgegeben von R. Grammel, E. Hopf, F. K. Schmidt, B. L. van der Waerden. LXI. Band.) VIII, 240 Seiten. 1950.
DM 21.60; Ganzleinen DM 24.60

Inhaltsübersicht: **I. Von den Darstellungen endlicher Gruppen. — II. Abstrakte Theorie der fastperiodischen Funktionen auf Gruppen:** Begriff der fastperiodischen Funktion. — Mittelwerttheorie. — Der Hauptsatz. — **III. Periodische Funktionen. — IV. Die eigentlichen fastperiodischen Funktionen:** Folgerungen aus der abstrakten Theorie. — Elementarer Beweis des Approximationssatzes. — Fourierreihen eigentlich fastperiodischer Funktionen. — **V. Theorie der Darstellungen und Fourierreihen auf beliebigen Gruppen. — VI. Kompakte Gruppen:** Die fastperiodischen Funktionen auf kompakten Gruppen. — Zu Hilberts fünftem Problem. — Konstruktion einer endlichen Darstellung. — Die fastperiodischen Funktionen auf halbeinfachen Gruppen. — **VII. Kugelfunktionen.** Anhang. Literaturhinweise. Sachverzeichnis.

Aus den Besprechungen: Diese neue Buch aus den „Grundlehren" ist die erste Darstellung der Theorie der fastperiodischen Funktionen auf Gruppen in deutscher Sprache. Diese Theorie, die dem Verfasser selbst wesentliche Beiträge verdankt, hat so viele Beziehungen zu den verschiedensten Teilen der Mathematik, daß eine Darstellung ihrer wichtigsten Ergebnisse wohl von jedem mathematisch interessierten Leser begrüßt werden wird. Um so mehr, als dies von dem Verfasser in einer Form getan wird, die in keiner Beziehung etwas zu wünschen übrig läßt ... *„Monatshefte für Mathematik"*

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Diesem Heft liegt ein Prospekt des Springer-Verlages, Berlin · Göttingen · Heidelberg, bei.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Hans-Georg-Halfter, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.